

Trabajo de Fin de grado

Grado en Ingeniería Civil



Diseño de un área intermodal en el entorno de la Torre Pelli

Autor: Miriam Domínguez-Adame Aguilera

Tutor: Francisco José Cores Prieto

Tutor ponente: Francisco García Benítez

Dep. de Ingeniería y C. Materiales y Transporte
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo de Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Diseño de un área intermodal en el entorno de la Torre Pelli

Autor:

Miriam Domínguez-Adame Aguilera

Tutor:

Francisco José Cores Prieto

Tutor ponente:

Francisco García Benítez

Dep. de Ingeniería y C. Materiales y Transporte
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2016

Proyecto Fin de Grado: Diseño de un área intermodal en el entorno de la Torre Pelli

Autor: Miriam Domínguez-Adame Aguilera

Tutor: Francisco José Cores Prieto

Ponente: Francisco García Benítez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

A mi familia y amigos

A mi tutor

Este proyecto tiene el objetivo de diseñar un área intermodal en superficie en el entorno de la Torre Pelli en Sevilla. Esta actuación pretende potenciar el transporte colectivo facilitando los transbordos de forma fácil, cómoda y segura entre los distintos modos de transporte público del área de estudio.

En primer lugar, se ha realizado una introducción acerca de la intermodalidad y un análisis global de la situación en Sevilla basado en las principales redes de comunicación existentes y en el estado de la movilidad metropolitana.

A continuación se ha llevado a cabo la planificación del área intermodal mediante el análisis del entorno, la descripción de las líneas de transporte que dan servicio en el área de estudio y la determinación de las posibles ubicaciones. Para la elección de la propuesta final se ha realizado una valoración cualitativa mediante indicadores y una valoración del impacto de la actuación del área intermodal sobre el comportamiento del tráfico mediante la comparación de cada alternativa con el escenario base a partir de los resultados obtenidos de las microsimulaciones generadas con la herramienta Transmodeler.

Para realizar las microsimulaciones es necesario conocer las matrices de movimientos de vehículos en el escenario con la Torre Pelli. Para ello, se ha calculado la matriz del escenario previo a partir de mediciones del tráfico a la que se le ha agregado la estimación de los desplazamientos generados por la puesta en servicio del complejo de la Torre Pelli.

Una vez elegida la mejor alternativa se ha procedido al diseño del área intermodal estableciendo el número de dársenas y definiendo los accesos.

Por último, se presenta la ordenación de tráfico en el nuevo escenario mediante la descripción de las modificaciones sobre el viario, la regulación semafórica en las intersecciones y la señalización.

Índice

RESUMEN	IX
Índice	XI
Índice de Tablas.....	XV
Índice de Figuras	XVIII
INTRODUCCIÓN	XXIV
1 CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA INTERMODALIDAD	1
1.1 INTRODUCCIÓN A LA INTERMODALIDAD	1
1.2 CONCEPTO ÁREA INTERMODAL.....	5
1.3 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
2 LA MOVILIDAD EN SEVILLA.....	7
2.1 DATOS DEMOGRÁFICOS.....	7
2.2 EVOLUCIÓN SOCIO-ECONÓMICA	8
2.3 REDES DE COMUNICACIÓN	8
2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA MOVILIDAD METROPOLITANA	9
2.4.1 MODELO ACTUAL	9
2.4.2 TRANSPORTE PÚBLICO	10
2.4.2.1 AUTOBÚS URBANO (TUSSAM).....	10
2.4.2.2 AUTOBÚS METROPOLITANO	10
2.4.2.3 METRO	11
2.4.2.4 SEVICI.....	11
2.4.2.5 METROCENTRO	11
3 PLANIFICACIÓN DEL ÁREA INTERMODAL	12
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	12
3.1.1 DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO.....	12
3.1.2 INFORMACIÓN URBANÍSTICA.....	15
3.1.3 DESCRIPCIÓN RED VIARIA	17
3.1.3.1 CALLE TORNEO	18
3.1.3.2 AVENIDA CARLOS III.....	19
3.1.3.3 CALLE INCA GARCILASO	19
3.1.3.4 CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS	20
3.1.3.5 RONDA DE TRIANA	22
3.1.3.6 AVENIDA EXPO'92	22
3.1.3.7 PUENTE CRISTO DE LA EXPIRACIÓN	23
3.1.3.8 NODO AVDA.EXPO'92 – ENTRADA PUENTE CRISTO DE LA EXPIRACIÓN	24
3.1.4 TRANSPORTE PÚBLICO	24
3.1.4.1 FERROCARRIL.....	24
3.1.4.2 METRO	25
3.1.4.3 AUTOBÚS URBANO.....	26

3.1.4.4	AUTOBÚS INTERURBANO	26
3.1.4.5	OTROS MODOS	27
3.1.4.5.1	ACCESO EN BICICLETA	27
3.2	LÍNEAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	28
3.2.1	AUTOBÚS INTERURBANO	28
3.2.1.1	M-141 Sevilla (Pza. Armas) – Puebla del Río	28
3.2.1.2	M-142 Sevilla (Pza. Armas) – Coria del Río	28
3.2.1.3	M-154 Sevilla- Mairena del Aljarafe (Cerro)	28
3.2.1.4	M-155 Almensilla - Sevilla	29
3.2.1.5	M-157 Bollullos de la Mitación – Sevilla	29
3.2.1.6	M-158 Sevilla – Bollullos de la Mitación	29
3.2.1.7	M-159 Sevilla – Bollulos de la Mitación	29
3.2.1.8	M-160 Sevilla – Gines	30
3.2.1.9	M-161 Sevilla – Tomares	30
3.2.1.10	M-163 Sevilla – Bormujos	30
3.2.1.11	M-165 Sevilla – Castilleja del Campo	30
3.2.1.12	M-166 Sevilla – Sanlúcar la Mayor	31
3.2.1.13	M-167 Sevilla – Villanueva del Ariscal	31
3.2.1.14	M-168 Sevilla – Benacazón	31
3.2.1.15	M-169 Sevilla – Villamanrique	32
3.2.1.16	M-170A Sevilla – Santiponce	32
3.2.1.17	M-170B Sevilla – Las Pajanosas (Guillena)	32
3.2.1.18	M-174 Sevilla – Las Pilas – La Gloria	33
3.2.1.19	M-175 Sevilla – Albaida del Aljarafe	33
3.2.1.20	M-176 Sevilla – Aznalcóllar	34
3.2.1.21	M-177 Sevilla – Guillena	34
3.2.2	AUTOBÚS URBANO	37
3.2.2.1	LÍNEA 05: PUERTA TRIANA – SANTA AURELIA	37
3.2.2.2	LÍNEA 06: Gta. San Lázaro – Hospital V. del Rocío	38
3.2.2.3	LÍNEA 43: Plaza Magdalena – El Turruñuelo	39
3.2.2.4	LÍNEAS C1 Y C2: Circular Exterior 1 y 2	40
3.2.2.5	LÍNEAS C3: Circular interior	41
3.2.3	METRO	42
3.3	ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	43
3.3.1	POSIBLES LOCALIZACIONES	43
3.3.2	ALTERNATIVAS	47
3.3.2.1	ESCENARIO 1 – ALTERNATIVA 1	48
3.3.2.2	ESCENARIO 1 – ALTERNATIVA 2	51
3.3.2.3	ESCENARIO 2	53
3.3.3	ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	53
3.3.4	PROPUESTA DE ACTUACIÓN	55
4	DISEÑO DEL ÁREA INTERMODAL	57
4.1	DISEÑO DE LAS DÁRSENAS	57
4.1.1	CÁLCULO DE LAS POSICIONES DE REGULACIÓN	57
4.1.2	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÍNIMO DE ESPACIOS	59
4.1.3	DISPOSICIÓN DE LAS DÁRSENAS	61
4.1.4	LONGITUD DE BORDILLO	68
4.2	DEFINICIÓN DE LOS ACCESOS	72
4.2.1	ACCESO Y SALIDA DE LA ZONA PRINCIPAL DEL ÁREA INTERMODAL	72
4.2.2	ITINERARIOS PEATONALES	73
4.2.3	ITINERARIOS EN BICICLETA	74
4.3	FUNCIONALIDAD INTERIOR	74
4.3.1	CIRCULACIÓN INTERIOR	74
4.3.2	MOVIMIENTOS INTERIORES	76
4.4	ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS	76

4.4.1	DISEÑO DE MARQUESINAS.....	76
4.4.2	SISTEMA DE INFORMACIÓN	77
4.4.3	SEVICI	78
CONCLUSIONES.....		80
ANEXO I: MODELOS DE TRANSPORTE		83
A.I.1	ANÁLISIS DEL TRÁFICO	83
A.I.1.1	SELECCIÓN DEL PERIODO HORARIO DE ESTUDIO	83
A.I.1.2	MATRICES DE MOVILIDAD EN LOS DIFERENTES ESCENARIO	84
A.I.1.2.1	MATRICES DE VEHÍCULOS EN EL ESCENARIO ACTUAL.....	84
A.I.1.2.2	MATRICES DE VEHÍCULOS EN LOS ESCENARIOS CON TORRE PELLÍ	90
ANEXO II: MODELO MICROSCÓPICO DE TRANSPORTE PÚBLICO		108
A.II.1	INTRODUCCIÓN	108
A.II.2	GENERACIÓN Y SIMULACIÓN DE LOS MODELOS.....	108
A.II.2.1	ESCENARIO BASE	109
A.II.2.2	ESCENARIO ÁREA INTERMODAL – ALTERNATIVA 1	119
A.II.2.3	ESCENARIO ÁREA INTERMODAL – ALTERNATIVA 2	121
ANEXO III: ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO		125
A.III.1	MODIFICACIONES SOBRE EL VIARIO	125
A.III.2	ORDENACIONES ALTERNATIVAS	132
A.III.3	REGULACIÓN SEMAFÓRICA	134
A.III.4	SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL	140
A.III.4.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	140
A.III.4.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	142
BIBLIOGRAFÍA.....		144

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Intensidad horaria de los autobuses interurbanos sentido entrada (Este)</i>	35
<i>Tabla 2: Intensidad horaria de los autobuses interurbanos sentido salida (Oeste)</i>	36
<i>Tabla 3: Datos de oferta línea 5 en día laborable (Frecuencia en min)</i>	37
<i>Tabla 4: Datos de demanda línea 5 en día laborable</i>	37
<i>Tabla 5: Datos de oferta línea 6 en día laborable (Frecuencia en min)</i>	38
<i>Tabla 6: Datos de demanda línea 6 en día laborable</i>	38
<i>Tabla 7: Datos de oferta línea 43 en día laborable (Frecuencia en min)</i>	39
<i>Tabla 8: Datos de demanda línea 43 en día laborable</i>	39
<i>Tabla 9: Datos de oferta líneas C1 y C2 en día laborable (Frecuencia en min)</i>	40
<i>Tabla 10: Datos de demanda líneas C1 y C2 en día laborable</i>	40
<i>Tabla 11: Datos de oferta línea C3 en día laborable</i>	41
<i>Tabla 12: Valoración De los indicadores</i>	55
<i>Tabla 13: Rango de cada línea interurbana</i>	58
<i>Tabla 14: Cálculo de la probabilidad y del nivel de confianza en función del número de espacios</i>	61
<i>Tabla 15: Grupos de líneas interurbanas que comparten destinos</i>	62
<i>Tabla 16: Datos de movimientos de vehículos obtenidos mediante aforos manuales</i>	85
<i>Tabla 17: Movimientos de vehículos en los puntos de aforo observados y estimados mediante ajuste...</i>	89
<i>Tabla 18: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario actual</i>	90
<i>Tabla 19: Superficies aprobadas en el PGOU para la parcela ARI-DT-10</i>	92
<i>Tabla 20: Superficies del proyecto Centro de Servicios Terciarios ARI-DT-10</i>	92
<i>Tabla 21: Superficies por uso de suelo utilizadas para la estimación de demanda</i>	93
<i>Tabla 22: Ratios mínimos de viajes generados/día establecidos por la Generalitat de Cataluña</i>	93
<i>Tabla 23: Total del viajes diarios generados por la puesta en servicio de la Torre Pelli y edificios anexos</i>	93
<i>Tabla 24: Factores para la estimación de la movilidad en hora punta de mañana a partir de la diaria ...</i>	94
<i>Tabla 25: Viajes generados en la hora punta de mañana por la puesta en servicio de la Torre Pelli y edificios anexos</i>	94
<i>Tabla 26: Variables de actividad para Sevilla capital en el año 2007 según el SIMA</i>	94
<i>Tabla 27: Puestos de actividad en el término municipal de Sevilla según EDM 2007</i>	95
<i>Tabla 28: Viajes diarios atraídos por el término municipal de Sevilla según EDM 2007</i>	95
<i>Tabla 29: Índices medios de movilidad estimados para Sevilla a partir de la EDM 2007 y del SIMA</i>	95
<i>Tabla 30: Distribución de viajes Torre Pelli en hora punta de mañana por macrozonas</i>	97
<i>Tabla 31: Comparativa de la distribución de viajes en estudio de CONTORNO SA frente a EDM 2007...</i>	100
<i>Tabla 32: Porcentaje de reparto modal por ámbitos en estudio de CONTORNO S.A.</i>	101

<i>Tabla 33: Reparto modal de los viajes por ámbitos</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 34: Reparto modal de los viajes por ámbitos según EDM</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 35: Reparto modal de los viajes por ámbitos según EDM 2007</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 36: Matriz de vehículos en el ámbito de las actuaciones asociadas a la Torre Pelli</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 37: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario con la Torre Pelli</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 38: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario con la Torre Pelli</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 39: Regulación semafórica en el escenario base</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 40: Fases semafóricas en la intersección 1</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 41: Fases semafóricas en la intersección 2</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 42: Fases semafóricas en la intersección 3</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 43: Fases semafóricas en la intersección 4</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 44: Fases semafóricas en las intersecciones 5 y 6</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 45: Estadísticas globales de la simulación del escenario base relativas a los viajes</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 46: Estadísticas globales de la simulación del escenario base relativas a las demoras</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 47: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 1 relativas a los viajes</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 48: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 1 relativas a las demoras</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 49: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 2 relativas a los viajes</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 50: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 2 relativas a las demoras</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 51: Fases semafóricas en la intersección 1</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 52: Fases semafóricas en la intersección 2</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 53: Fases semafóricas en la intersección 3</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 54: Fases semafóricas en la intersección 4</i>	<i>139</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Distribución de los modos de transporte a nivel mundial (Informe Mundial sobre Asentamientos Humano 2013).....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2: Evolución de la población: Sevilla y Corona Metropolitana (Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla)</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3: Viajeros generados/atraídos entre Sevilla y la Corona Metropolitana.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Evolución mensual viajeros TUSAM año 2014 (Memoria Tussam 2014)</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5: Ubicación de Puerta Triana en la ciudad de Sevilla (Gerencia de Urbanismo de Sevilla)</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6: Vista aérea de Puerta de Triana con la Torre Pelli en construcción.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8: Vista aérea del complejo de la Torre Pelli</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7: Torre Pelli</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9: Vista aérea de la Isla de la Cartuja.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10: Plano de ordenación pormenorizada 11-13 (PGOU).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 11: Plano de ordenación pormenorizada 11-14 (PGOU).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 12: Ficha urbanística Puerta Triana (ARI-DT-10).....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 13: Zonificación y denominación de manzanas del ARI-DT-10</i>	<i>17</i>
<i>Figura 14: Principales vías de comunicación en el área de estudio.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 15: Calle Torneo vista desde el Norte.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 16: Paso subterráneo calle Torneo.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 17: Estación de autobuses Plaza de Armas</i>	<i>19</i>
<i>Figura 18: Calle Carlos III.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 19: Calle Inca Garcilaso en su zona próxima a la Torre Pelli.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 20: Calle Inca Garcilaso</i>	<i>20</i>
<i>Figura 21: Calle Camino de los Descubrimientos.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 22: Sección de la calle Camino de los Descubrimientos</i>	<i>21</i>
<i>Figura 23: Bandas de aparcamiento de la calle Camino de los Descubrimientos</i>	<i>21</i>
<i>Figura 24: Calle Ronda de Triana en su zona más próxima a la Torre Pelli.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 25: Sección de la calle Ronda de Triana</i>	<i>22</i>
<i>Figura 26: Vista aérea de la Avenida Expo'92</i>	<i>22</i>
<i>Figura 27: Sección de la Avenida Expo'92</i>	<i>23</i>
<i>Figura 28: Vista aérea del Puente Cristo de la Expiración.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 29: Sección del Puente Cristo de la Expiración</i>	<i>23</i>
<i>Figura 30: Nodo Avda.Expo'92 – Cristo de la Expiración.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 32: Plano Red de Metro y Conexiones tranviarias (Sevilla).....</i>	<i>25</i>

<i>Figura 31: Itinerario y horario de la línea C2 cercanías Santa Justa-Cartuja.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 33: Líneas de autobuses urbanos que circula por Puerta Triana</i>	<i>26</i>
<i>Figura 34: Vista del nodo y de la estación de autobuses Plaza de Armas.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 35: Líneas de autobuses interurbanos que circulan en el área de estudio.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 36: Itinerarios peatonales y en bicicleta en el área de estudio</i>	<i>27</i>
<i>Figura 37: Itinerario línea M-141</i>	<i>28</i>
<i>Figura 38: Itinerario línea M-142</i>	<i>28</i>
<i>Figura 39: Itinerario línea M-154</i>	<i>28</i>
<i>Figura 40: Itinerario línea M-155</i>	<i>29</i>
<i>Figura 41: Itinerario línea M-157</i>	<i>29</i>
<i>Figura 42: Itinerario línea M-158</i>	<i>29</i>
<i>Figura 43: Itinerario línea M-159</i>	<i>29</i>
<i>Figura 44: Itinerario línea M-160</i>	<i>30</i>
<i>Figura 45: Itinerario línea M-161</i>	<i>30</i>
<i>Figura 46: Itinerario línea M-163</i>	<i>30</i>
<i>Figura 47: Itinerario línea M-165</i>	<i>30</i>
<i>Figura 48: Itinerario línea M-166</i>	<i>31</i>
<i>Figura 49: Itinerario línea M-167</i>	<i>31</i>
<i>Figura 50: Itinerario línea M-168</i>	<i>31</i>
<i>Figura 51: Itinerario línea M-169</i>	<i>32</i>
<i>Figura 52: Itinerario línea M-170A.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 53: Itinerario línea M-170B.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 54: Itinerario línea M-174</i>	<i>33</i>
<i>Figura 55: Itinerario línea M-175</i>	<i>33</i>
<i>Figura 56: Itinerario línea M-176</i>	<i>34</i>
<i>Figura 57: Itinerario M-177</i>	<i>34</i>
<i>Figura 58: Itinerario línea 5.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 59: Itinerario línea 6.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 60: Itinerario línea 43</i>	<i>39</i>
<i>Figura 61: Itinerarios líneas C1 y C2</i>	<i>40</i>
<i>Figura 62: Itinerario línea C3.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 63: Itinerario de la línea 2 del Metro de Sevilla.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 64: Itinerario de la línea 4 del Metro de Sevilla.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 65: Ubicación de la estación de Metro de Puerta de Triana en la Red Metro Sevilla</i>	<i>43</i>
<i>Figura 66: Edificios de gran interés en el área de estudio.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 67: Posibles ubicaciones del área intermodal</i>	<i>44</i>
<i>Figura 68: Ubicación y Ordenación Pormenorizada del Plan Especial de Reforma Interior ARI-DT-10.....</i>	<i>45</i>

<i>Figura 69: Ordenación pormenorizada de las Parcelas 4 y 5</i>	<i>46</i>
<i>Figura 70: Zonas ocupadas por el área intermodal en el escenario 1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 71: Zonas ocupadas por el área intermodal en el escenario 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 72: Movimientos de autobuses interurbanos en el área de estudio</i>	<i>47</i>
<i>Figura 73: Movimientos de los autobuses urbanos y ubicación de las paradas en el área de estudio</i>	<i>48</i>
<i>Figura 74: Movimientos de los autobuses interurbanos en el escenario 1 alternativa 1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 75: Movimientos de los autobuses interurbanos en sentido Oeste-Este en el área intermodal.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 76: Entradas y salidas de los autobuses interurbanos en el área intermodal de mayor tamaño ...</i>	<i>49</i>
<i>Figura 77: Entrada del área intermodal</i>	<i>49</i>
<i>Figura 79: Entradas y salida de los autobuses interurbanos en el área intermodal de menor tamaño ..</i>	<i>50</i>
<i>Figura 78: Salida del área intermodal</i>	<i>50</i>
<i>Figura 80: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal en el escenario 1 alternativa 2</i>	<i>51</i>
<i>Figura 81: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal de mayor tamaño</i>	<i>51</i>
<i>Figura 82: Entrada y salida del área intermodal</i>	<i>52</i>
<i>Figura 83: Movimientos de los autobuses urbanos en el área intermodal</i>	<i>52</i>
<i>Figura 84: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal del escenario 2.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 85: Diseño de la alternativa elegida.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 86: Rangos establecidos por el consorcio de Transportes de Madrid</i>	<i>57</i>
<i>Figura 87: Cálculo del número de posiciones según el rango.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 88: Disposición de las dársenas.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 89: Disposición de las dársenas en sentido Oeste-Este</i>	<i>63</i>
<i>Figura 90: Disposición de las dársenas en sentido Este-Oeste</i>	<i>64</i>
<i>Figura 91: Disposición de las dársenas de las líneas 5, 6 y 43.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 92: Ubicación de las dársenas 5, 6 y 43 en el área de estudio</i>	<i>65</i>
<i>Figura 93: Disposición de la dársena de la línea C1</i>	<i>66</i>
<i>Figura 94: Disposición de la dársena de la línea C2</i>	<i>66</i>
<i>Figura 95: Ubicación de la dársena C2 en el área de estudio.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 96: Disposición de la dársena de la línea 6</i>	<i>67</i>
<i>Figura 97: Disposición de la dársena de la línea C3</i>	<i>68</i>
<i>Figura 98: Ubicación de la dársena de la línea C3 en el área de estudio</i>	<i>68</i>
<i>Figura 99: Conjunto de terminales de líneas con dotación de autobuses de 12 metros, previsto para que no haya conincidencia de autobuses en la misma línea.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 100: Conjunto de terminales de líneas con dotación de autobuses de 12 metros previsto para que haya coincidencia de dos autobuses en la misma dársena.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 101: Dimensiones de las posiciones de espera recomendadas en la “Instrucción de Vía Pública”..</i>	<i>69</i>
<i>Figura 102: Acotación de las posiciones de espera</i>	<i>69</i>
<i>Figura 103: Acotación de las dársenas de las líneas 5, 6 y 43.....</i>	<i>70</i>

<i>Figura 104: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C1</i>	<i>70</i>
<i>Figura 105: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C2</i>	<i>71</i>
<i>Figura 106: Longitud de bordillo de la dársena de la línea 6</i>	<i>71</i>
<i>Figura 107: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C3</i>	<i>72</i>
<i>Figura 108: Entradas y salida del área intermodal</i>	<i>72</i>
<i>Figura 109: Itinerarios peatonales en el área de estudio</i>	<i>73</i>
<i>Figura 110: Itinerarios peatonales en el área intermodal.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 111: Accesos peatonales al área intermodal mediante pasos de peatones</i>	<i>74</i>
<i>Figura 112: Carril bici en el área intermodal.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 113: Dimensiones de los carriles de circulación en el área intermodal.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 114: Perfil del carril de circulación del área intermodal.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 115: Radio de giro y ancho del carril.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 116: Diseño de la marquesina propuesta por TUSSAM.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 117: Punto de información en el área intermodal</i>	<i>77</i>
<i>Figura 118: parada de Sevici en el área intermodal.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 119: Distribución horaria de la movilidad en modos privados en el área metropolitana de Sevilla (EDM 2007).....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 120: Movimientos de vehículos medidos mediante aforos manuales</i>	<i>85</i>
<i>Figura 121: Movimientos con origen en el centroide 1</i>	<i>87</i>
<i>Figura 122: Movimientos con origen en el centroide 2</i>	<i>87</i>
<i>Figura 123: Movimientos con origen en el centroide 3</i>	<i>88</i>
<i>Figura 124: Movimientos con origen en el centroide 4</i>	<i>88</i>
<i>Figura 125: movimientos con origen en el centroide 5</i>	<i>89</i>
<i>Figura 126: Modelo de 4 etapas aplicado para la estimación de demanda de la Torre Pelli</i>	<i>91</i>
<i>Figura 127: Distribución horaria de la movilidad en el área metropolitana de Sevilla por motivos de trabajo y comerciales (EDM 2007)</i>	<i>96</i>
<i>Figura 128: Histograma de viajes vs. Distancia en el Área Metropolitana de Sevilla (EDM 2007)</i>	<i>99</i>
<i>Figura 129: Red de transportes utilizada por CONTORNO S.A. para la asignación de vehículos.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 130: Flujo de vehículos asociados a la Torre Pelli en hora punta de mañana.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 131: Movimientos de vehículos asociados a la Torre Pelli en el área de estudio.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 132: Diseño del escenario base</i>	<i>109</i>
<i>Figura 133: Ubicación de los centroides en el escenario base</i>	<i>110</i>
<i>Figura 134: Movimientos regulados en la intersección 1.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 135: Movimientos regulados en la intersección 2.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 136: Movimientos regulados en la intersección 3.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 137: Movimientos regulados en la intersección 4.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 138: Movimientos regulados en las intersecciones 5 y 6</i>	<i>116</i>
<i>Figura 139: Detalle de la microsimulación del escenario base en las vías Avda.Expo'92 y Ronda de Triana</i>	

.....	117
<i>Figura 140: Detalle de la microsimulación del escenario base en el nodo</i>	117
<i>Figura 141: Detalle de la microsimulación del escenario base en la intersección 1</i>	118
<i>Figura 142: Niveles de servicio de las vías en el escenario base</i>	119
<i>Figura 143: Diseño del escenario área intermodal – Alternativa 1</i>	120
<i>Figura 144: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 1</i>	120
<i>Figura 145: Detalle de la formación de colas en las vías en el escenario área intermodal – Alternativa 1</i>	121
<i>Figura 146: Diseño del escenario área intermodal – alternativa 2</i>	122
<i>Figura 147: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 2</i>	122
<i>Figura 148: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 2 en Ronda de Triana</i>	123
<i>Figura 149: Niveles de servicio de las vías en el escenario área intermodal – Alternativa 2</i>	124
<i>Figura 150: Tramo sentido Oeste-Este en el escenario base.....</i>	125
<i>Figura 151: Tramo sentido Oeste-Este en el escenario nuevo.....</i>	125
<i>Figura 152: Sección del tramo sentido Oeste-Este en el escenario nuevo</i>	126
<i>Figura 153: Tramos sentido Este-Oeste en el escenario base</i>	126
<i>Figura 154: Tramo sentido Este-Oeste en el escenario nuevo.....</i>	127
<i>Figura 155: Destinos a los que se puede acceder desde el tramo con sentido Este-Oeste en el nuevo escenario</i>	127
<i>Figura 156: Tramo en sentido Norte-Sur en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2).....</i>	128
<i>Figura 157: Destinos a los que se puede acceder desde el tramo de cinco carriles</i>	129
<i>Figura 158: Tramos que permiten el movimiento Sur-Norte en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2).....</i>	129
<i>Figura 159: Destinos a los que se accede desde la calle Plaza Chapina en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2)</i>	130
<i>Figura 160: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Avda. Expo’92 en el escenario nuevo</i>	130
<i>Figura 161: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Ronda de Triana en el escenario nuevo</i>	131
<i>Figura 162: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen el Puente Cristo de la Expiración en el escenario nuevo.....</i>	131
<i>Figura 163: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen la Cartuja en el escenario nuevo</i>	132
<i>Figura 164: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Plaza Chapina en el escenario nuevo</i>	132
<i>Figura 165: Ordenación alternativa de tipo macro-rotonda.....</i>	133
<i>Figura 166: Ordenación alternativa en la que se permiten los giros a la izquierda en las intersecciones</i>	134
<i>Figura 167: Ubicación de las intersecciones en el nuevo escenario</i>	134
<i>Figura 168: Movimientos regulados en la intersección 1.....</i>	136
<i>Figura 169: Movimientos regulados en la intersección 2.....</i>	137

<i>Figura 170: Movimientos regulados en la intersección 3.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 171: Movimientos regulados en la intersección 4.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 172: Movimientos simultáneos a la entrada del Puente Cristo de la Expiración</i>	<i>140</i>
<i>Figura 173: Señalización horizontal en el tramo recto de sentido Oeste-Este y Este-Oeste</i>	<i>140</i>
<i>Figura 174:Señalización horizontal de los accesos al área intermodal.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 175: Señalización horizontal en el interior del área intermodal</i>	<i>141</i>
<i>Figura 176: Señalización vertical en el tramo Oeste-Este</i>	<i>142</i>
<i>Figura 177: Señalización vertical en el tramo Este-Oeste</i>	<i>143</i>
<i>Figura 178: Señalización en los accesos al área intermodal</i>	<i>143</i>

INTRODUCCIÓN

La temática de este Trabajo de Fin de Grado titulado “Diseño de un área intermodal en el entorno de la Torre Pelli” se enmarca dentro del programa de la asignatura de cuarto curso “Terminales e Intercambiadores” del Grado de Ingeniería Civil.

En dicha asignatura se estudia el concepto de transporte intermodal como aquel que permite utilizar distintos modos de transporte logrando que no existan fisuras en el trayecto. Las infraestructuras que permiten el desarrollo de este sistema son las áreas intermodales y los intercambiadores. El desarrollo de este proyecto se centra en las primeras, las cuales se definen como espacios en superficie abiertos e integrados en la trama urbana que albergan distintos modos de transporte como terminales de autobuses, Metro y Cercanías y que simplifican el transbordo modal. Para comprender su funcionamiento en la asignatura se estudian ejemplos de las áreas intermodales empleadas en Madrid profundizando en las actuaciones llevadas a cabo en Felipe II y Plaza Alsacia.

Los conocimientos adquiridos durante el curso se aplican en el proyecto para la planificación y diseño de un área intermodal ubicada en Puerta Triana donde la puesta en servicio del complejo de la Torre Pelli va a ocasionar el aumento de los desplazamientos en el área de estudio.

1 CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA INTERMODALIDAD

1.1 INTRODUCCIÓN A LA INTERMODALIDAD

El ser humano necesita desplazarse por la ciudad o acceder a ella para realizar actividades tales como, acudir al trabajo o a la escuela, pasear, hacer la compra o viajar. Es por ello que, al ser la movilidad urbana un derecho social, se tienen que llevar a cabo medidas para lograr que el espacio urbano e interurbano sea apto y equitativo para todos los habitantes de un territorio.

Sin embargo, debido al continuo crecimiento que sufren las zonas urbanas y a que en las últimas décadas el vehículo privado ha sido el modo de transporte más utilizado para realizar dichos desplazamientos, el ejercicio de este derecho se ha convertido en un problema social. A pesar de que se están llevando a cabo avances tecnológicos que permiten disminuir el consumo de combustible de los automóviles, el excesivo uso de éstos y la reducción de su índice de ocupación, provocan el aumento del número de vehículos motorizados, y con ello, las emisiones contaminantes.

Los aspectos negativos derivados de una utilización abusiva de los sistemas de transporte motorizado, en concreto, de los vehículos privados son: la contaminación atmosférica y acústica, alta incidencia de enfermedades relacionadas con la concentración de contaminantes en el aire, congestión de las vías que conlleva a la pérdida de horas productivas y de ocio, estrés e insomnio, ocupación de la vía pública a costa de otros usos y pérdida de la autonomía de las personas mayores y de las personas con movilidad reducida.

Debido a estas repercusiones es evidente que se deben tomar medidas que permitan a los seres humanos realizar desplazamientos seguros disminuyendo el tiempo empleado, protegiendo el medio ambiente y promoviendo la cohesión social y el desarrollo económico. Para lograr este objetivo es necesario definir una estrategia conocida bajo el nombre de movilidad sostenible.

La asociación World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) define la movilidad sostenible como aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro.

Existen numerosos documentos y estudios acerca de la movilidad sostenible. A continuación, se explican brevemente aquellos más relevantes comenzando desde una perspectiva mundial y finalizando en el área metropolitana de Sevilla.

El Informe Mundial sobre Asentamientos Humanos 2013 titulado “Planificación y diseño de una movilidad urbana sostenible” resalta cuáles son los objetivos que las ciudades deben alcanzar para desarrollar futuros urbanos más sostenibles. Se publica con el fin de orientar a los organismos competentes en la materia acerca de cómo resolver los retos a los que se enfrentan los sistemas de transporte urbano en el mundo.

En primer lugar, describe la tipología de las ciudades en función del uso del suelo. La mayoría de las ciudades se caracterizan por ser ciudades zonificadas, en las que las áreas de trabajo y residencia se

encuentran claramente diferenciadas. Esta forma de organización provoca que en las horas puntas se produzcan muchos desplazamientos hacia una misma dirección originando grandes atascos y alcanzando el transporte público su máxima capacidad, mientras que en las otras direcciones no hay un flujo de vehículos considerable y el transporte público es utilizado por un escaso número de usuarios. Por lo tanto, se deduce que las infraestructuras y servicios de transporte público funcionan en este tipo de ciudades sólo a la mitad de su capacidad, sin depender de las congestiones. Sin embargo, las ciudades en las que las zonas de trabajo y residencia se organizan de forma homogénea se caracterizan por un uso mixto del suelo, permitiendo que el tráfico se distribuya en todas las direcciones y logrando un mayor uso del transporte público.

El informe también hace referencia a la distribución de los modos de transporte a nivel mundial. Para ello, presenta un gráfico de barras en el que se puede observar el porcentaje de desplazamientos realizados en cada una de las ciudades seleccionadas en transporte no motorizado, en transporte público, en transporte privado motorizado o en otros.

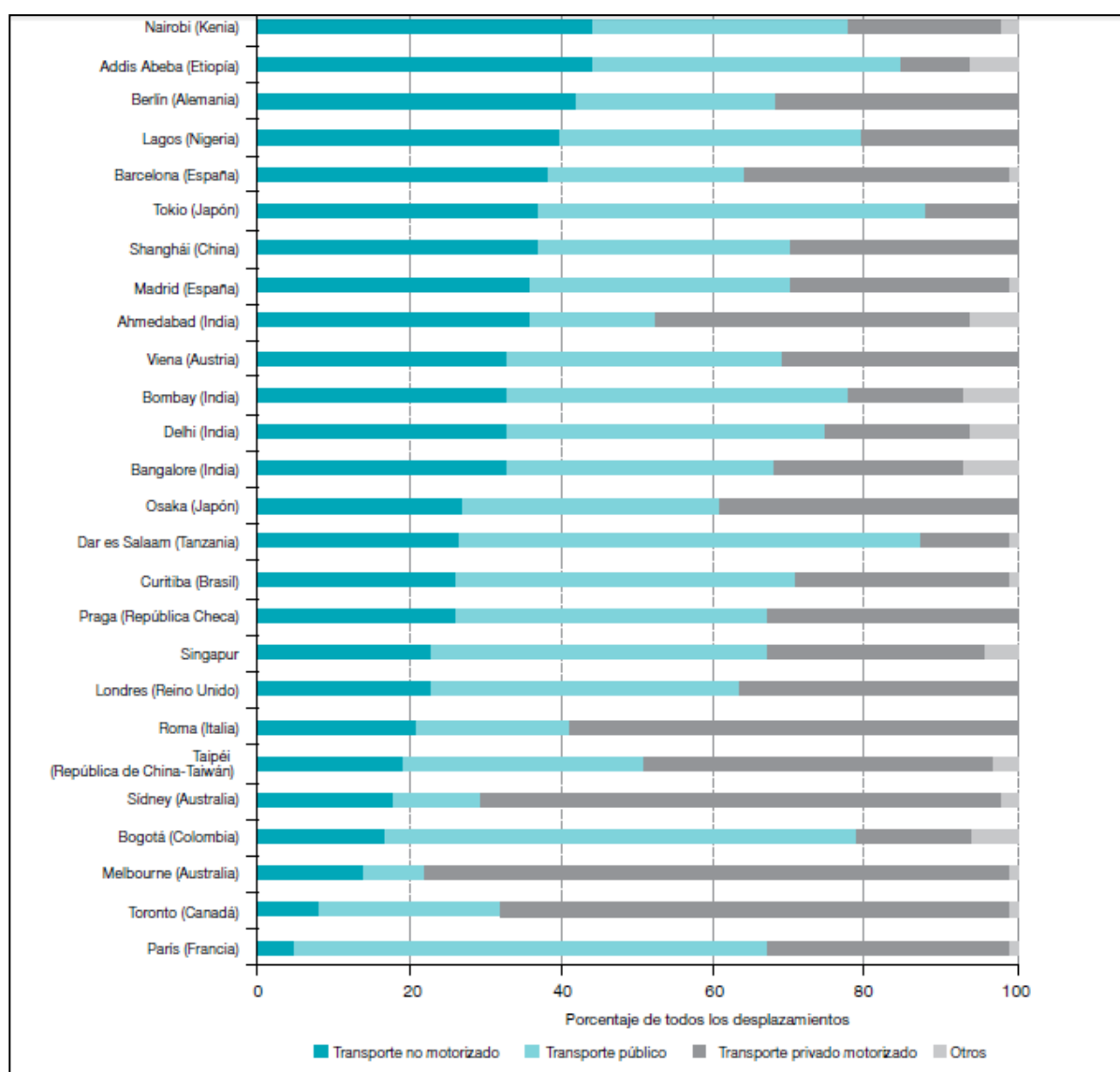


Figura 1: Distribución de los modos de transporte a nivel mundial (Informe Mundial sobre Asentamientos Humano 2013)

Se observa el predominio del uso del transporte motorizado frente al no motorizado. Destacan París, Bogotá y Dar es Salaam por su alto porcentaje de uso del transporte público, mientras que en Melbourne y Sidney se tiende al transporte privado motorizado.

Debido a que el vehículo privado es la opción más elegida por muchas de las personas que realizan desplazamientos, es necesario concienciar a la población acerca de los problemas existentes en relación a la movilidad urbana. Para ello, el documento propone fomentar el uso del transporte público aumentando su fiabilidad y eficiencia e informando a los habitantes sobre las ventajas que ofrece. Para lograrlo es imprescindible que la red de transporte cuente con una velocidad comercial competitiva y con una frecuencia adaptada a la demanda.

El texto al que nos referimos, indica que la organización de la ciudad influye directamente en la forma de desplazarse en ella dependiendo del diseño de las calles y de las vías de circulación. Debido a esto, señala la necesidad de integrar el transporte urbano y la planificación urbanística para lograr un sistema de movilidad urbana sostenible.

Cabe destacar que en las estrategias de movilidad urbana en transporte público, la intermodalidad es un elemento clave, ya que la mayoría de los viajes requieren la utilización de varios modos de transporte. El informe advierte que todas las etapas del viaje deben estar bien planificadas para evitar fisuras en el trayecto, presentando como ejemplo el caso de que los habitantes de un área no pudieran utilizar el metro debido a que la parada más próxima se encuentra demasiado lejos. Esta integración entre el transporte público y el no motorizado se ha logrado en muchos países desarrollados mediante el fomento del uso de la bicicleta y facilitando los viajes a pie.

Siguiendo la misma línea que el informe anterior, el Libro Blanco: “Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transporte competitiva y sostenible” también establece actuaciones para mejorar la red de transporte. La política de transporte europea pretende implantar un sistema de movilidad competitivo mediante un uso eficiente de los recursos. El documento insiste en que es necesario invertir en infraestructuras de transporte para mejorar la accesibilidad, la movilidad de las personas y para fomentar el crecimiento económico.

Apoyando las ideas anteriores para mejorar la intermodalidad, se realizan las siguientes propuestas con el fin de lograr desplazamientos puerta a puerta: ofrecer al usuario información real y veraz del transporte público, la posibilidad de comprar el billete con antelación en internet, facilitar desplazamientos en modos no motorizados y presentar con claridad a la población itinerarios alternativos.

A nivel nacional se aprobó en 2009 por el Consejo de Ministros “La Estrategia Española de Movilidad Sostenible”, la cual realiza una valoración de la movilidad en España y aporta una serie de medidas de actuación para lograr que el modelo sea más eficiente y sostenible.

Entre los problemas de movilidad expuestos destacan los siguientes:

- El elevado crecimiento de la demanda produce la saturación de las vías de circulación provocando el aumento del tiempo de viaje.
- La falta de integración entre los modos de transporte provoca fisuras en las conexiones intermodales.
- La organización descentralizada de las ciudades ha provocado un incremento del transporte motorizado y el aumento de las distancias de desplazamiento.

Para dar solución a estos problemas el documento se basa en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT) aprobado por el Gobierno en julio de 2005.

Las propuestas de actuación del PEIT relacionadas con la problemática anterior son:

- Promover la intermodalidad con el fin de beneficiarse del uso de varios modos de transporte para completar un viaje.
- Fomentar la movilidad urbana sostenible sustituyendo el uso del vehículo privado por el transporte público o el no motorizado.

- Mejorar la red de transporte europea facilitando las conexiones con otros países.
- Priorizar la seguridad en todos los modos de transporte.

La estrategia hace hincapié, al igual que el informe Mundial, en la integración de la planificación urbanística y la movilidad para ofrecer a los usuarios ventajas como la reducción de la distancia de los desplazamientos. Para incentivar los modos de transporte más sostenibles propone concienciar a la población mediante campañas informativas e iniciativas que impulsen el uso del transporte no motorizado. Estas iniciativas tienen que ir acompañadas de medidas disuasorias que limiten el número de viajes motorizados como el uso de peajes, tasas de aparcamiento, itinerarios peatonales y carriles bus y de bicicleta.

Para mejorar la intermodalidad entre la bicicleta y el transporte colectivo se recomienda que se permita transportarla en el autobús, en el tren, en el metro, y en el tranvía. Por último, haciendo uso de los avances tecnológicos, el documento aconseja para disminuir las necesidades de desplazamiento que exista la posibilidad de realizar por internet trámites administrativos, pedir la cita del médico, realizar compras, etc.

A nivel autonómico se establecen también medidas a través de La Estrategia Andaluza de Sostenibilidad Urbana, que al igual que el resto de documentos citados anteriormente, menciona las consecuencias causadas por el uso excesivo del vehículo privado. Al ser la mayoría similares a las expuestas en los documentos previos, se presentan aquellas repercusiones que aportan una nueva idea:

- Aumenta la desigualdad social, pues aquellos que no tienen acceso a su uso poseen menos posibilidades para desplazarse y tienen que invertir más tiempo para ello.
- El sector representa en Andalucía el 37,2% de la demanda final de energía y el 61.2% del consumo final de derivados de petróleo.
- Se estima que se pierden 300 millones de horas al año en Andalucía debido a la congestión provocando pérdidas económicas de aproximadamente 2530 millones de euros anuales.
- Se produce la pérdida de habitabilidad y seguridad de las personas debido a la alta ocupación de espacio por vehículos privados.

La estrategia afirma que es necesario abordar una política para transformar el modelo de movilidad, pues de no ser así seguirá aumentado la problemática. Para ello los objetivos principales se centran en:

- Lograr que exista equilibrio social en el acceso a bienes y servicios facilitando la accesibilidad a los grupos sociales más desfavorecidos: personas mayores y niños, personas con movilidad reducida y aquellos con pocos recursos económicos.
- Disminuir el consumo de energía y la emisión de contaminantes priorizando el transporte público frente al privado y promoviendo los desplazamientos a pie y en bici.
- Recuperar las funciones del espacio público como lugar donde convivir y sociabilizarse.
- Evitar nuevos desarrollos urbanísticos sin previa planificación de accesibilidad en transporte público que obliguen a la dependencia del vehículo privado.
- Llevar a cabo planes de movilidad metropolitanos, provinciales y locales.

El documento también pretende impulsar la creación de áreas intermodales que faciliten el transbordo entre los distintos modos de transporte. Para fomentar el cambio de modos privados a públicos hay que establecer aparcamientos disuasorios en las proximidades de dichas áreas, limitar los aparcamientos del centro de la ciudad a los residentes e imponer tarifas en los aparcamientos.

Por último, para que el transporte público sea más atractivo y competitivo la Estrategia Andaluza propone aumentar la velocidad comercial y la frecuencia de paso.

El Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla, tras hacer un análisis de la situación del transporte actual en el capítulo 2 del documento, concluye que la movilidad en el área de Sevilla está regida por un modelo insostenible. A pesar de que profundizaremos más adelante en esta cuestión, nombramos a continuación

las principales metas y objetivos que el Plan presenta para lograr un sistema de transporte funcionalmente eficiente, ambientalmente sostenible y socialmente cohesivo:

- Promover la intermodalidad potenciando el uso del transporte público y calmando el tráfico.
- Favorecer los desplazamientos en modos autónomos de transporte: peatones y bicicletas.

1.2 CONCEPTO ÁREA INTERMODAL

Las áreas intermodales son espacios en superficie diseñados para albergar, principalmente, terminales de autobuses, tanto urbanas como interurbanas. Se caracterizan por su integración en la trama urbana y por su ubicación en puntos de la ciudad con el fin de facilitar el trasbordo a otros modos de transporte de alta capacidad como metro y ferrocarril de cercanías, así como el metro ligero o entre las propias líneas de autobuses. Además, en algunos casos, incluye zonas de aparcamiento disuasorio y de estacionamiento de bicicletas, facilitando de este modo el trasbordo entre el vehículo privado y el transporte público.

Las áreas intermodales son infraestructuras muy importantes para el correcto funcionamiento de un sistema de transporte público, especialmente cuando se trata de áreas metropolitanas con numerosos modos de transporte que obligan a realizar intercambios en mucho de los viajes que se llevan a cabo.

Es imprescindible señalar que la mejora de la intermodalidad es una de las estrategias más interesantes para aumentar la atracción de usuarios al transporte público mediante actuaciones eficaces y medioambientalmente sostenibles. Es por ello, que se le debe dar prioridad a este tipo de actividades frente a otras que potencian el vehículo privado, pues generalmente se alcanza la congestión en las vías perjudicando tanto a los usuarios del vehículo privado como a los del transporte público que no dispone de infraestructura propia.

Actualmente el transporte público es fundamental en la sociedad, ya que ofrece grandes oportunidades como integrador de ésta con la sanidad, la educación, el empleo o el ocio, lo que conlleva a la mejora de los sistemas sociales y económicos y el aumento de la calidad de vida. Sin embargo, el crecimiento que han sufrido las ciudades en los últimos años ha ocasionado el aumento de las distancias y del número de etapas del viaje, haciendo que el transporte público sea menos atractivo para los usuarios.

Para conseguir un equilibrio sostenible del sistema, se debe lograr que el usuario pueda realizar su desplazamiento puerta a puerta reduciendo la sensación de rotura y disminuyendo el tiempo del viaje. A fin de solucionar este problema, se diseñan las áreas intermodales con el objetivo de facilitar los trasbordos y ofrecer un sistema de transporte cómodo, eficaz y seguro para el usuario.

La ubicación ideal de estas áreas de intercambio es aquella en donde se logre un equilibrio entre las zonas periféricas, necesarias para evitar la congestión en el centro de la red y las posiciones centrales, recomendable para lograr una mejor dispersión de los viajes. Además, también es importante que la localización se lleve a cabo en un entorno urbano atractivo para el viajero, donde éste tenga más oportunidades de desarrollar sus actividades.

El diseño y la planificación de las áreas intermodales se lleva a cabo mediante la ordenación y mejora de las trayectorias de los autobuses acorde con las necesidades y con la seguridad de los recorridos peatonales, de forma que en uno o varios espacios queden recogidas todas las terminales.

1.3 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

La puesta en servicio de la Torre Pelli ha provocado un notable aumento de la actividad de la zona, suponiendo un importante foco atractor/generador de viajes. En su entorno, el viario que da soporte a la movilidad motorizada roza sus límites operativos en horarios de máxima solicitud debido a la movilidad obligada, es decir, viajes asociados a motivos de trabajo y estudios.

Actualmente, en este ámbito urbano tiene prioridad el vehículo privado, siendo una solución ineficaz que provoca el agotamiento del sistema viario sin capacidad de dar respuesta eficiente a las demandas de movilidad y accesibilidad.

Ante esta situación, este estudio aborda la necesidad de construir un área intermodal que potencie el transporte colectivo, facilitando los transbordos entre los distintos modos de transporte del área de estudio. Se pretende lograr un sistema de movilidad, que según criterios de sostenibilidad y equilibrio, oferte un amplio abanico de posibilidades al usuario en el modo de desplazarse, tomando protagonismo especial el transporte público y los modos no motorizados.

Por lo tanto, el proyecto consiste en el diseño de un área intermodal que dignifique la situación funcional del transporte público mediante la creación de un espacio en superficie abierto e integrado en la trama urbana, en el cual confluyan los distintos modos de transporte público, proporcionando un trasbordo fácil, cómodo y seguro entre ellos.

2 LA MOVILIDAD EN SEVILLA

2.1 DATOS DEMOGRÁFICOS

El municipio de Sevilla tiene una extensión aproximada de 140,5km² y cuenta con 702.355 habitantes, situándose como la cuarta ciudad de España por número de habitantes. El Área Metropolitana de Sevilla está formada por 46 municipios, con una población total de 1.525.829 habitantes aproximadamente.

Se pueden distinguir cuatro zonas según los puntos cardinales:

Oeste: Se ubica El Aljarafe, una sucesión de pequeños municipios que rondan los 25.000 habitantes y que en su conjunto reúnen más de 339.062 habitantes. Los municipios más habitados y representativos de esta comarca son Mairena del Aljarafe, Tomares, Camas, San Juan de Aznalfarache, Bormujos, Espartinas, Gines, Coria del Río y Sanlúcar la Mayor.

Sur: Formado por el eje Dos Hermanas-Los Palacios y Villafranca-Utrera, que cuenta con 198.119 habitantes. Dos Hermanas es un municipio de 114.672 habitantes.

Este: La comarca de Los Alcores, compuesta por los municipios de Alcalá de Guadaíra, Carmona, Mairena del Alcor y El Viso del Alcor, que juntos poseen una población de 128.418 habitantes.

Norte: Es la zona con menor desarrollo urbanístico y está compuesta por los municipios de La Rinconada, La Algaba, Alcalá del Río y Brenes. Tiene una población de 68.438 habitantes.

Su evolución de la distribución espacial es similar al de otras áreas españolas, caracterizándose por:

- El estancamiento y la regresión poblacional de la ciudad central.
- El aumento de población de la corona metropolitana debidos a la búsqueda de suelo más barato y de mejor calidad de la vivienda y el entorno.

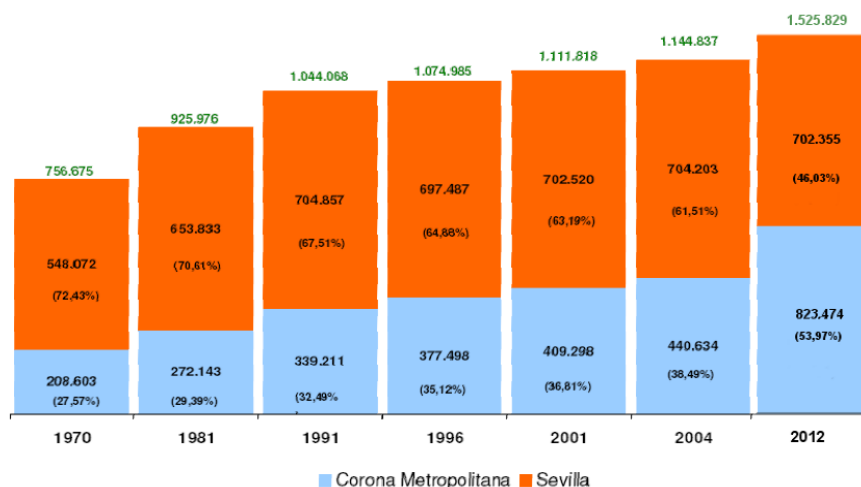


Figura 2: Evolución de la población: Sevilla y Corona Metropolitana (Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla)

2.2 EVOLUCIÓN SOCIO-ECONÓMICA

A partir de los años 90 se produce un importante crecimiento económico en la corona metropolitana basado en el aumento de empleo debido al desarrollo de los servicios públicos y a la creación de grandes superficies y zonas de ocio. Además, al convertirse esta zona en más atractiva, muchas personas la eligen como lugar de residencia. Esto provoca que aumente el número de viajes desde la corona a Sevilla, realizados por aquellos que trabajan en el interior de Sevilla, y también en sentido contrario en busca de zonas comerciales. En todos estos viajes se hace excesivo uso del vehículo privado ocasionando problemas de congestión y aglomeración.

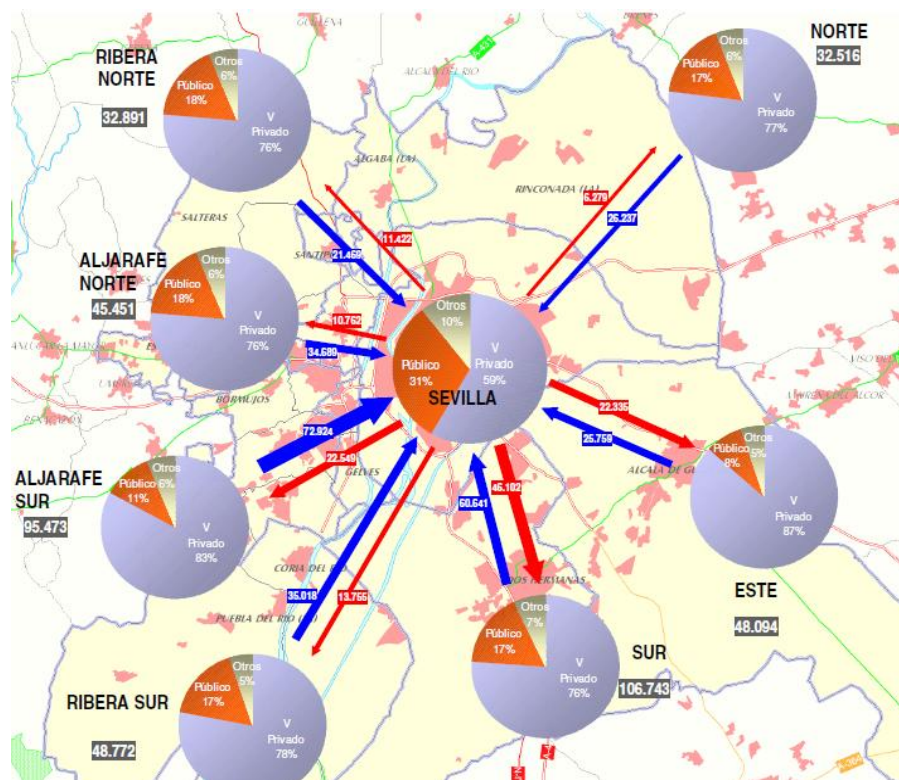


Figura 3: Viajeros generados/atraídos entre Sevilla y la Corona Metropolitana

2.3 REDES DE COMUNICACIÓN

Las redes de comunicación tienen un papel muy importante en el desarrollo socio-económico de la ciudad. Es por ello que Sevilla cuenta con una extensa red que establece conexión tanto en puntos interiores como exteriores.

- Conexiones externas:
 - Sistema viario: Sevilla cuenta con varias conexiones por carretera, las cuales pertenecen a la Red Nacional y Regional de Carreteras. Entre ellas destacan la A-4 destino Madrid, A-49 destino Huelva, AP-4 destino Cádiz y A-92 destino Málaga.

- Sistema ferroviario: Sevilla está dotada de varias líneas de Alta Velocidad que ofrecen conexión con Málaga, Córdoba, Barcelona y Madrid. También existen otras líneas que conectan con Huelva, Cádiz, Granada y Almería, entre otras.
- Sistema aéreo: el aeropuerto de Sevilla-San Pablo ofrece vuelos con destino nacionales e internacionales.
- Sistema fluvial: el Puerto de Sevilla se caracteriza por ser el único puerto fluvial comercial de España. Está situado a 80 Km. de la desembocadura del Guadalquivir, localización que le permite ser un importante punto logístico y comercial .

- Conexiones internas:

Sevilla está formada por una amplia red de calles y avenidas que enlazan las diferentes zonas de la ciudad. En la red viaria de Sevilla se pueden establecer dos tipos de clasificaciones:

- La primera distingue entre vías radiales, aquellas que permiten el acceso al centro de la ciudad, y vías transversales, que son por las que circula el tráfico en los cinturones concéntricos al casco antiguo.
- La segunda hace referencia a las vías que tienen mayor capacidad y soportan más tráfico, diferenciando entre rutas principales y rutas urbanas.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA MOVILIDAD METROPOLITANA

2.4.1 MODELO ACTUAL

El Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla describe la movilidad de la ciudad como un modelo insostenible debido a la dominación del vehículo privado frente a otros modos. Dicho modelo es ineficiente desde el punto de vista funcional, ya que el excesivo uso del vehículo privado genera tiempos de viaje crecientes debidos a la congestión, especialmente en los desplazamientos de movilidad obligada en los períodos punta. Además, el modelo no es suficientemente eficaz para la sostenibilidad de la ciudad, pues, aparte de generar contaminación ambiental y ruido, supone un invasor del espacio urbano. Por último, el modelo se considera injusto socialmente para aquellos sectores menos favorecidos, que son los usuarios generalmente del transporte público y de los modos de transporte no motorizados.

Para dar solución a la situación descrita, se pretende dotar a Sevilla de un sistema de transporte funcionalmente eficiente, ambientalmente sostenible y socialmente cohesivo. Para ello, según el Plan, se deben seguir cuatro direcciones de actuación:

- Intermodalidad entre los modos de transporte
- Coherencia entre el transporte y los usos del suelo
- Sostenibilidad con el medio ambiente
- Equidad social

Además es necesaria la implementación de las siguientes políticas:

- Potenciar el uso del transporte público para aumentar la participación mediante la creación de plataformas reservadas, de forma que se garantice la velocidad comercial y la fiabilidad.

- Fomentar la intermodalidad mediante la creación de intercambiadores de transporte situados en puntos estratégicos de la ciudad y que cuenten con aparcamientos disuasorios.
- Controlar y limitar el tráfico de vehículos privados mediante la implantación de medidas como limitar la capacidad de aparcamiento de rotación y utilizar tarifas de aparcamiento.
- Favorecer los modos de transporte no motorizados: peatones y bicicletas.

2.4.2 TRANSPORTE PÚBLICO

2.4.2.1 AUTOBÚS URBANO (TUSSAM)

La red de líneas de TUSSAM tiene una estructura radial que ofrece servicio, generalmente, a cada barrio mediante al menos una línea. El resto de líneas transversales, circulares y periféricas enlazan la red y posibilitan los desplazamientos por la ciudad.

Según la memoria anual de la empresa, en el año 2014 se realizaron 2,62 millones de expediciones suponiendo un total de 18.32 millones de kilómetros recorridos. La velocidad comercial se ha situado en 12.9 kilómetros/hora y la demanda ha supuesto 79,38 millones de viajes.

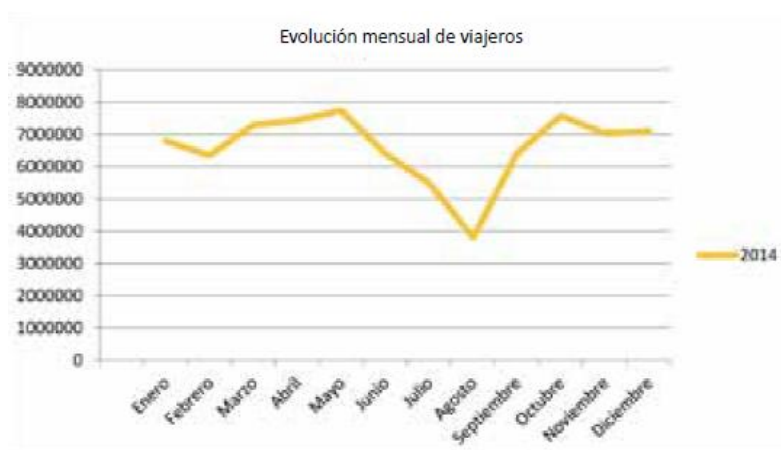


Figura 4: Evolución mensual viajeros TUSSAM año 2014 (Memoria Tussam 2014)

2.4.2.2 AUTOBÚS METROPOLITANO

El servicio de autobuses metropolitanos está gestionado por el Consorcio de Transporte Metropolitano, ofreciendo un servicio que se extiende a 45 municipios cubriendo una superficie de 4.233,1 km² y atendiendo a 1,4 millones de habitantes, según la memoria anual de 2013.

La oferta de los autobuses está formada por 58 líneas, de las cuales 50 son radiales y 8 son transversales. En su conjunto, las líneas prestan 2.008 servicios (ida y vuelta) en días laborables, 1.043 en sábado y 743 en domingos y festivos.

Hay que destacar el Servicio Bus+Bici que ofrece la posibilidad a los usuarios de la tarjeta de transporte del Consorcio de disponer de una bicicleta gratuita para sus desplazamientos en Sevilla. Por lo tanto, para fomentar el uso combinado de ambos modos de transporte se han instalado aparcamientos para bicicletas, tanto en las localidades del área metropolitana como en la Estación de Autobuses Plaza de Armas de Sevilla.

2.4.2.3 METRO

La línea 1 del Metro de Sevilla transportó en 2014 un total de 14.451.702 usuarios, suponiendo un crecimiento del 4% en relación a 2013. La media diaria se sitúa en torno a 38.332 viajeros, alcanzándose los máximos usos del mismo en las horas punta.

El Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla estima que las demandas en el año 2020 serán las siguientes:

- Línea 1: 160.394 viajeros/día
- Línea 2: 80.452 viajeros/día
- Línea 3: 78.581 viajeros/día
- Línea 4: 73.654 viajeros/día

2.4.2.4 SEVICI

El servicio de bicicletas públicas, Sevici, ha perdido en los dos últimos años un 25% de sus abonados situándose actualmente en las cifras de 2008. Los datos de la Gerencia de Urbanismo señalan que Sevici cerró 2014 con 38.706 abonados frente a los 44.797 que había a finales de 2013. La explicación de este descenso es el incremento del uso de bicicletas privadas.

Actualmente, la red de carriles bicis de Sevilla supera los 170 kilómetros, a los que se sumarán 20 kilómetros más en los próximos años. Se estima que se realizan 72.000 desplazamientos al día en bici, de los que sólo un 28,7% se hace a través de Sevici.

2.4.2.5 METROCENTRO

El Metrocentro de Sevilla es un tranvía que circula por el centro de Sevilla, desde Plaza Nueva hasta San Bernardo. Fue inaugurado en 2007 y está gestionado por Tussam. Tiene un recorrido de 2 kilómetros y tarda en recorrerlos 19 minutos, con 5 paradas durante el trayecto.

3 PLANIFICACIÓN DEL ÁREA INTERMODAL

3.1 AREA DE ESTUDIO

3.1.1 DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

Este proyecto se sitúa en un lugar estratégico de la ciudad de Sevilla, en el margen Oeste del río Guadalquivir en la zona sur de la Isla de la Cartuja con acceso directo desde la S-30 a través de la A-49 y con el centro de la ciudad a través del Puente del Cristo de la Expiración.

Se trata de un sector conocido bajo el nombre de Puerta Triana, caracterizado por la existencia de una vía importante de acceso a la ciudad: la entrada y salida de/hacia Huelva y el Aljarafe (Chapina-Cristo de la Expiración), que corta a otros dos ejes importantes : el eje constituido por el muro de defensa, la Glorieta de los Descubrimientos y la Avenida de Carlos II y el eje compuesto por la calle Torneo, la Plaza de la Legión y calle Arjona.



Figura 5: Ubicación de Puerta Triana en la ciudad de Sevilla (Gerencia de Urbanismo de Sevilla)



Figura 6: Vista aérea de Puerta de Triana con la Torre Pelli en construcción

La Torre Cajasol, que se sitúa sobre un área de 2700 aparcamientos subterráneos, tiene 55.000 metros cuadrados y cuenta con 180 metros de altura, distribuidos en 39 plantas. Están destinadas a oficinas 24 plantas, las 13 siguientes plantas están ocupadas por el hotel, la penúltima planta cuenta con salas de reuniones y convenciones, y en la última planta se ubica el restaurante mirador.

El complejo cuenta con una superficie comercial de 25.000 metros cuadrados, dividida en dos edificios bajos, uno de tres y otro de cuatro plantas, donde está previsto que se instalen distintos establecimientos. Con el nuevo centro comercial se complementa un proyecto que ha centrado sus esfuerzos en definir un complejo que incluyera diferentes usos para mantener una actividad continuada que aporte, principalmente, un beneficio para la zona de la Isla de la Cartuja y la ciudad de Sevilla.



Figura 7: Torre Pelli

La Torre refuerza y pone en valor a la ciudad donde se ubica y contribuye a la reactivación económica de la capital andaluza.



Figura 8: Vista aérea del complejo de la Torre Pelli



Figura 9: Vista aérea de la Isla de la Cartuja

El Parque Científico y Tecnológico (PCT) Cartuja es un recinto emblemático heredero de la Expo'92 de Sevilla que actualmente aporta innovación y modernidad a la ciudad.

Actualmente se considera la principal área generadora de empleo cualificado de la provincia, a la que acuden diariamente 25.000 personas entre trabajadores, investigadores, estudiantes y visitantes. Además de las áreas de trabajo e investigación, el recinto también cuenta con zonas destinadas a la cultura, el deporte y el ocio, que otorgan al Parque un valor añadido.

- Área científico-empresarial: está compuesta por empresas de tecnologías avanzadas, servicios avanzados, centros de investigación, escuelas de negocio y entidades públicas de apoyo a la Innovación. Esta zona, junto con la universitaria, conforma el grueso del PCT Cartuja y ocupa su parte central. El PCT Cartuja cuenta con varios centros de empresas como el World Trade Center, Edificio Cartuja, Edificio Expo, Edificio Insur Cartuja, Pabellón de México, Edificio Bogaris, Centro de Empresas Pabellón de Italia y la Tecnoincubadora Marie Curie para Empresas de Base Tecnológica.
- Área universitaria: la integran centros de la Universidad de Sevilla (Escuela Técnica Superior de Ingenieros y Facultad de Comunicación), de la Universidad Pablo de Olavide (Centro Universitario San Isidoro) y de la Universidad privada CEADE. A ella se une la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) y las escuelas de negocio ESIC.
- Área cultural: los centros destinados a la amplia oferta cultural se encuentran distribuidos por todo el PCT Cartuja: Teatro Central, Centro Andaluz de Arte Contemporáneo (CAAC) y el Auditorio Municipal Rocío Jurado.
- Área deportiva y de ocio: situada en el Norte del PCT, el área deportiva incluye el Estadio Olímpico, las Instalaciones Deportivas Isla de la Cartuja (que consta de canchas de atletismo, pádel, fútbol, rugby y un campo de golf) y el Centro Especializado de Alto Rendimiento de Remo y Piragüismo "La Cartuja". Completa este área las zonas de ocio el Parque del Alamillo y el Parque Temático Isla Mágica.

3.1.2 INFORMACIÓN URBANÍSTICA

La información urbanística respecto a los usos del suelo previstos en el área de estudio viene determinada en el Plan General de Ordenación Urbana de Sevilla en los planos de ordenación pormenorizada.

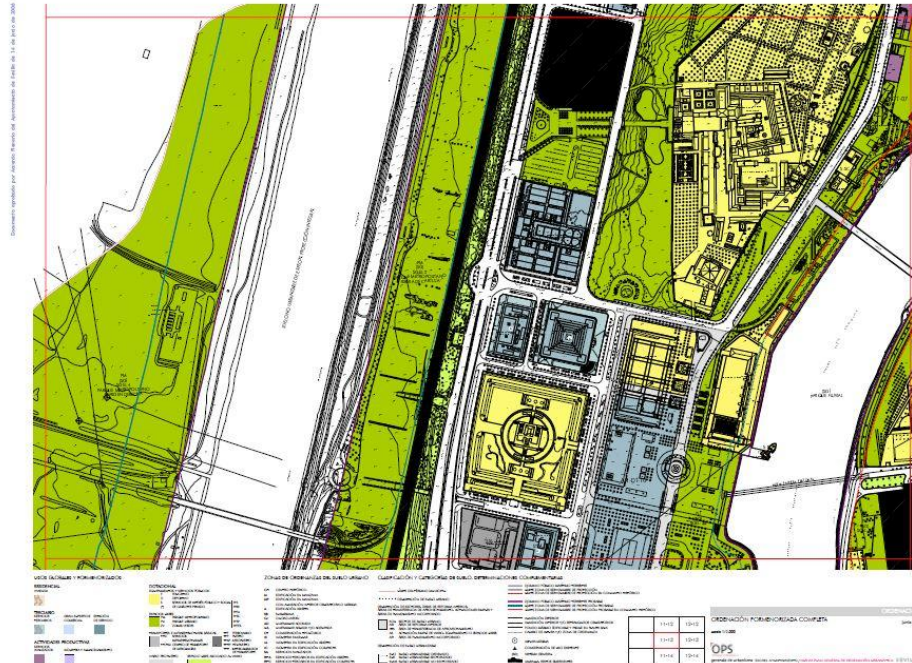


Figura 10: Plano de ordenación pormenorizada 11-13 (PGOU)

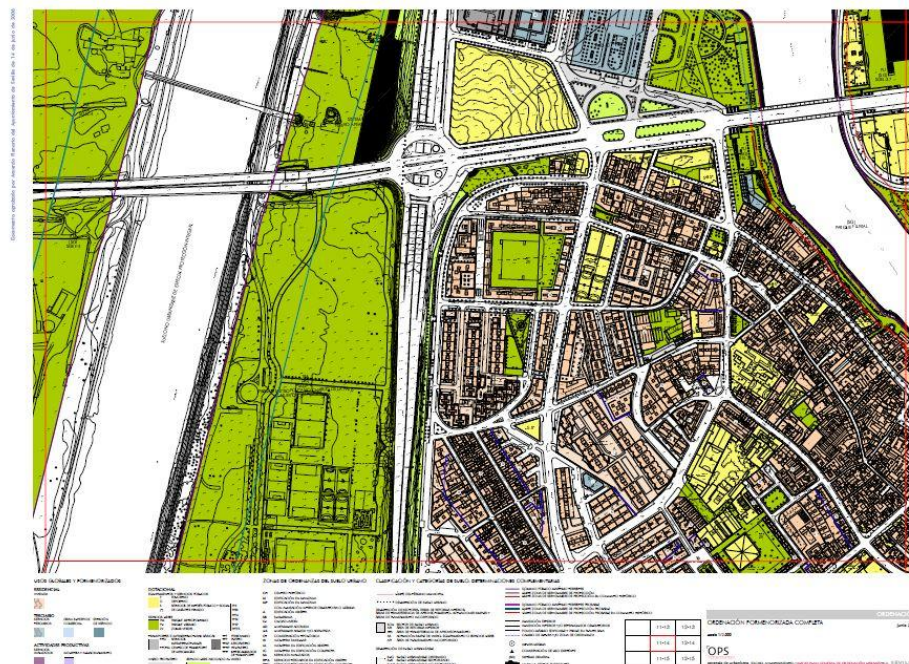


Figura 11: Plano de ordenación pormenorizada 11-14 (PGOU)

Además, para el estudio de la zona Este del sector debemos regirnos por el Plan Especial de Reforma Interior de Sector ARI-DT-10, Puerto Triana. Dicho plan se redacta como documento de desarrollo del PGOU de Sevilla y se convierte en la herramienta que “instrumenta la ejecución de las determinaciones estructurales y preceptivas del Plan General y, de acuerdo a lo recogido en la normativa urbanística del Plan General, determina la ordenación potestativa establecida en la ficha urbanística del sector”, según se indica en la introducción.

Sus determinaciones urbanísticas aparecen expresadas en la Ficha Urbanística:

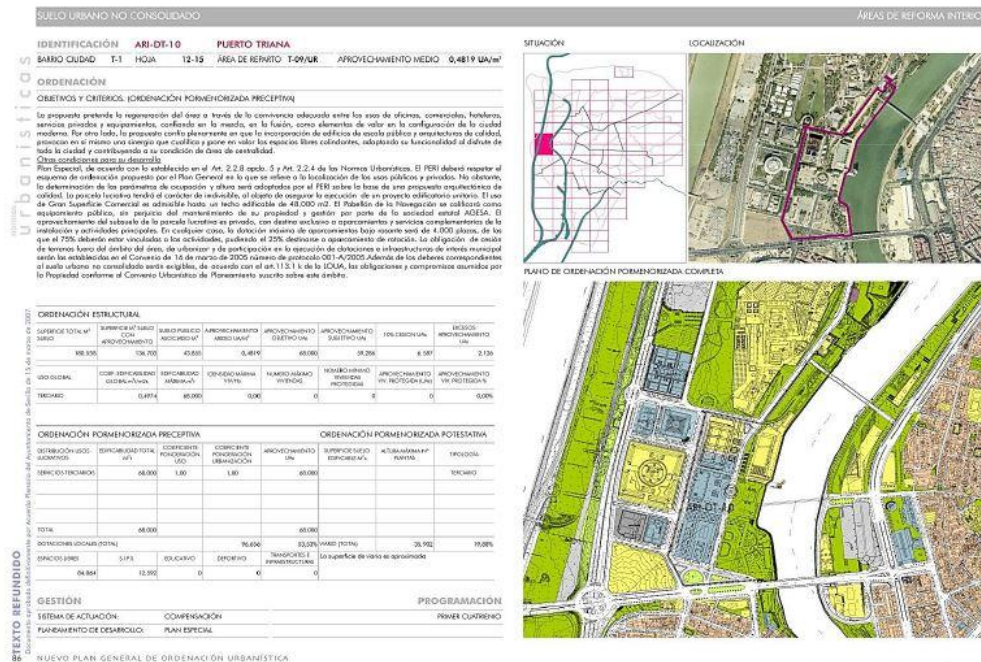


Figura 12: Ficha urbanística Puerta Triana (ARI-DT-10)

Sus objetivos y criterios son los siguientes:

“La propuesta pretende la regeneración del área a través de la convivencia adecuada entre los usos de oficinas, comerciales, hoteleros, servicios privados y equipamientos, confiando en la mezcla, en la fusión, como elementos de valor en la configuración de la ciudad moderna. Por otro lado, la propuesta confía plenamente en que la incorporación de edificios de escala pública y arquitecturas de calidad, provocan en sí mismo una sinergia que cualifica y pone en valor los espacios libres colindantes, adaptando su funcionalidad al disfrute de toda la ciudad y contribuyendo a su condición de área de centralidad”.

El Plan Especial ordena una superficie de 180.558 m² desarrollada a lo largo del Camino de los Descubrimientos. Se distinguen tres zonas en los planos adjuntos al Plan Especial.

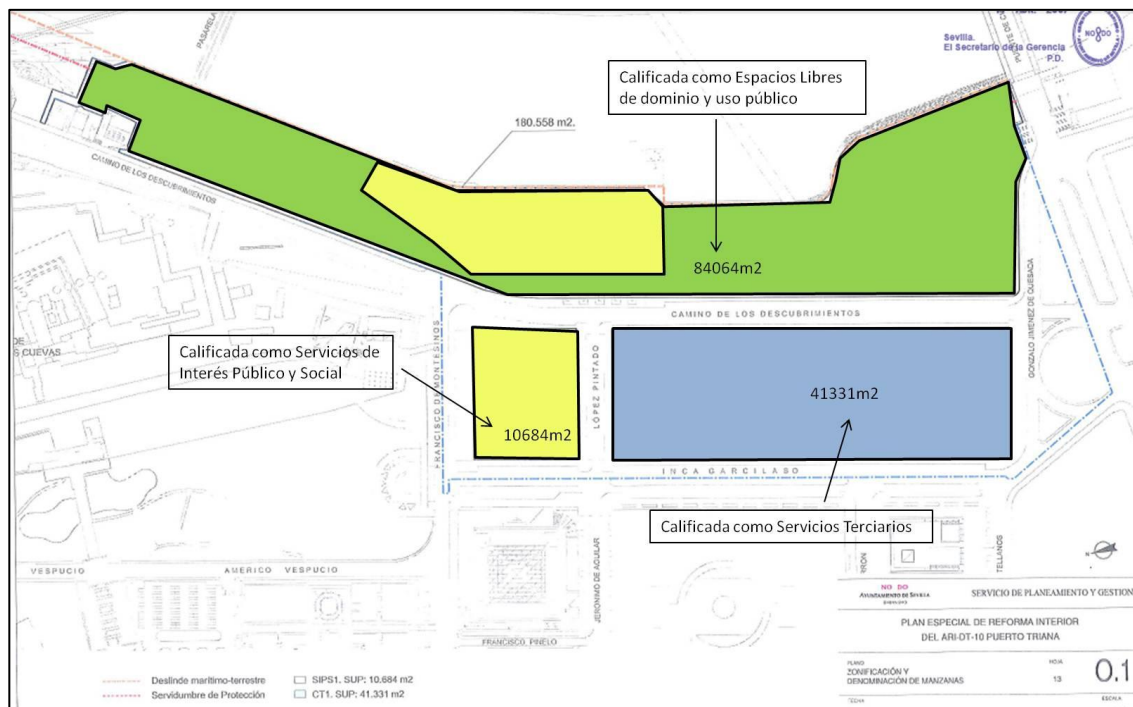


Figura 13: Zonificación y denominación de manzanas del ARI-DT-10

3.1.3 DESCRIPCIÓN RED VIARIA

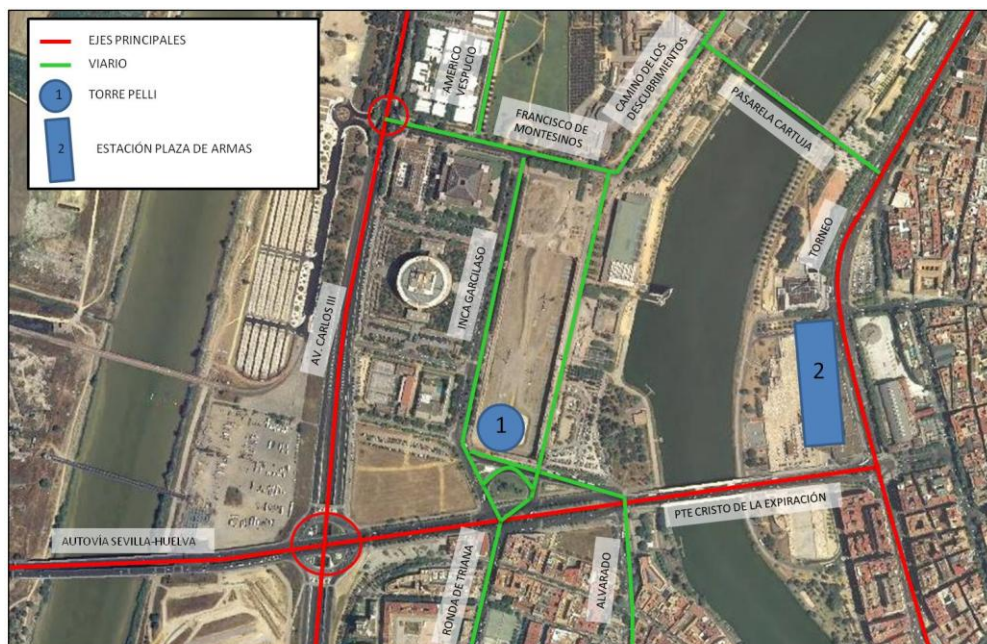


Figura 14: Principales vías de comunicación en el área de estudio

3.1.3.1 CALLE TORNEO



Figura 15: Calle Torneo vista desde el Norte

La calle Torneo, cuyo trazado es paralelo al Río Guadalquivir por su margen izquierda, abraza el casco histórico de la ciudad de Sevilla. Dicha calle consta de tres carriles en cada sentido de circulación existiendo oferta de estacionamiento en ambos márgenes de la calle. Además hay dos carriles por cada sentido de circulación que atraviesan La Plaza de la Legión a cota inferior por un paso subterráneo.



Figura 16: Paso subterráneo calle Torneo

En el tramo entre el cruce con C/San Laureano y el cruce con Plaza la Legión, existe carril bici con doble sentido al mismo nivel de la acera izquierda, tomando como referencia la dirección Sur-Norte.

Hay que destacar la presencia de la Estación de Autobuses en el mismo tramo de estudio, ubicada en la parte derecha de los carriles dirección Norte-Sur, y en frente del Centro Comercial Plaza de Armas.



Figura 17: Estación de autobuses Plaza de Armas

3.1.3.2 AVENIDA CARLOS III

La Avenida Carlos III discurre en paralelo a la Carretera Cádiz-Huelva en su lateral Oeste y paralela al Río Guadalquivir por su margen izquierda. Consta de una sección amplia con seis carriles, tres para cada sentido de circulación sin posibilidad de aparcamiento.



Figura 18: Calle Carlos III

3.1.3.3 CALLE INCA GARCILASO

La calle Inca Garcilaso, que transcurre en paralelo a la Carretera Cádiz-Huelva, une la Ronda de Triana con la calle Francisco Montesinos.

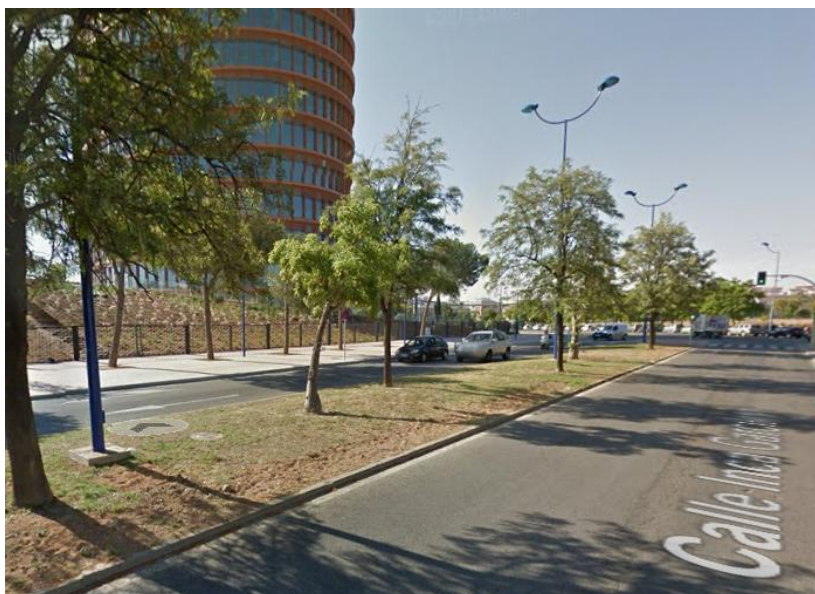


Figura 19: Calle Inca Garcilaso en su zona próxima a la Torre Pelli

Su sección está formada por dos carriles y una banda de aparcamiento en cada sentido, separados por una mediana de tres metros de ancho. Además, dicha calle cuenta con la presencia de carriles bici de doble sentido que se sitúan entre la zona peatonal del acerado y la zona de aparcamiento. Desde esta calle se accede al aparcamiento de la Torre Pelli.



Figura 20: Calle Inca Garcilaso

3.1.3.4 CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS

Esta vía, que discurre en paralelo al Río Guadalquivir, enlaza la Ronda Supernorte con la Ronda de Triana ofreciendo conectividad al Pabellón de la Navegación y a Isla Mágica, entre otros.

La sección está formada por un número de carriles variable. Con la construcción de la Torre Pelli se ha prolongado dicha calle con una sección formada por dos carriles en cada sentido.



Figura 21: Calle Camino de los Descubrimientos

A partir del cruce con la calle Francisco Montesinos la sección consta de dos carriles para cada sentido de circulación , además de un carril bici en uno de los laterales.



Figura 22: Sección de la calle Camino de los Descubrimientos

A partir del cruce con la calle Marie Curie la sección de la vía se reduce a un único carril en sentido Sur, existiendo bandas de aparcamiento en batería a ambos lados y permaneciendo el carril bici en el mismo lugar que anteriormente.



Figura 23: Bandas de aparcamiento de la calle Camino de los Descubrimientos

3.1.3.5 RONDA DE TRIANA

Esta avenida transcurre por el barrio de Triana hasta alcanzar la avenida Expo'92, convirtiéndose en una de las vías que forman el nodo de conexión sur en el ámbito de la Torre Pelli.



Figura 24: Calle Ronda de Triana en su zona más próxima a la Torre Pelli

La sección de la vía consta de cuatro carriles, dos para cada sentido, y de bandas de aparcamiento en línea a cada lado.



Figura 25: Sección de la calle Ronda de Triana

3.1.3.6 AVENIDA EXPO'92

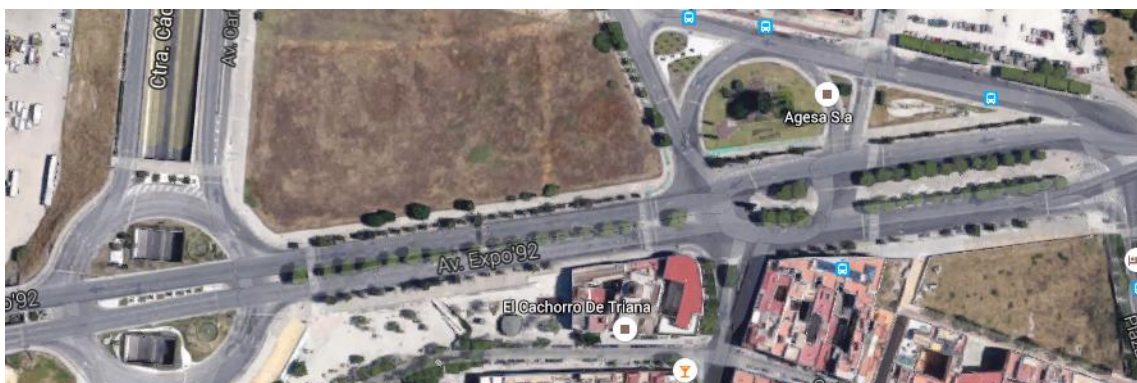


Figura 26: Vista aérea de la Avenida Expo '92

La avenida Expo'92 es perpendicular al Río Guadalquivir y conecta el Puente Cristo de la Expiración con la A-49 y SE-30. Es una vía de alta capacidad, pues supone una de las entradas y salidas de la ciudad.

La sección consta de seis carriles, tres para cada sentido de circulación estando separados por una mediana.



Figura 27: Sección de la Avenida Expo'92

3.1.3.7 PUENTE CRISTO DE LA EXPIRACIÓN

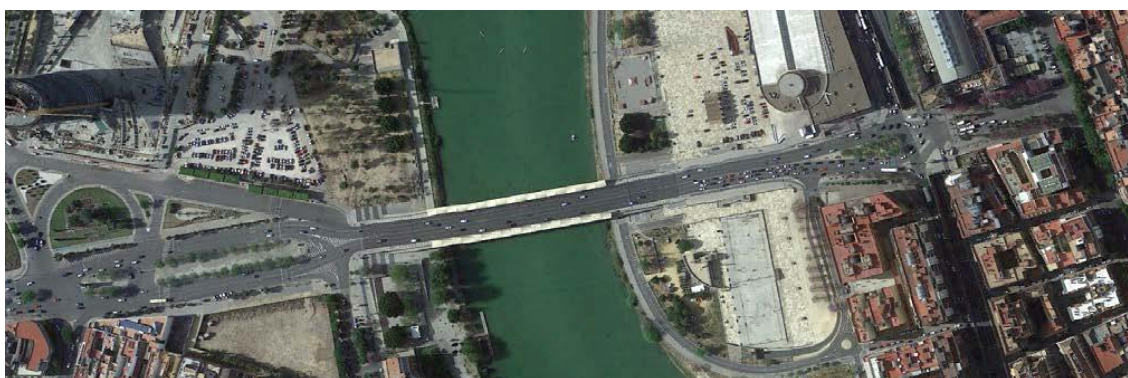


Figura 28: Vista aérea del Puente Cristo de la Expiración

El Puente Cristo de la Expiración cruza transversalmente el río Guadalquivir conectando la avenida Expo'92 con la Calle Torneo. Es un puente muy transitado, pues resuelve las comunicaciones con Triana y es el principal acceso desde Sevilla para llegar a la A-92 en dirección Huelva.

La sección del Puente consta de seis carriles, tres en dirección Este-Oeste y otros tres en dirección contraria. En cada sentido existe un carril reservado para taxis y autobuses, para facilitar el acceso y la salida de Plaza de Armas. Además, la sección también cuenta con carriles bicis a ambos lados de la vía, integrados a la banda de acerado peatonal.



Figura 29: Sección del Puente Cristo de la Expiración

3.1.3.8 NODO AVDA.EXPO'92 – ENTRADA PUENTE CRISTO DE LA EXPIRACIÓN

Este nodo posee la función de nexo permitiendo la movilidad local del ámbito de la Torre Pelli. Posibilita las conexiones entre la Avda. Expo 92' y el Puente Cristo de la Expiración en sentidos Este-Oeste y entre Sur-Norte dando acceso a la Isla de la Cartuja mediante la conexión con la Ronda de Triana, la calle Inca Garcilaso y Camino de los Descubrimientos.

El número de carriles es variable de tres a cuatro por sentido de circulación. Además, destaca la semi-glorieta partida presente en el nudo, cuya gran ventaja es la gran variedad de movimientos habilitados, permitiendo cambiar de dirección e incorporarse a otro vial, tanto si el sentido de circulación es Este-Oeste, como si es Norte Sur, y viceversa.

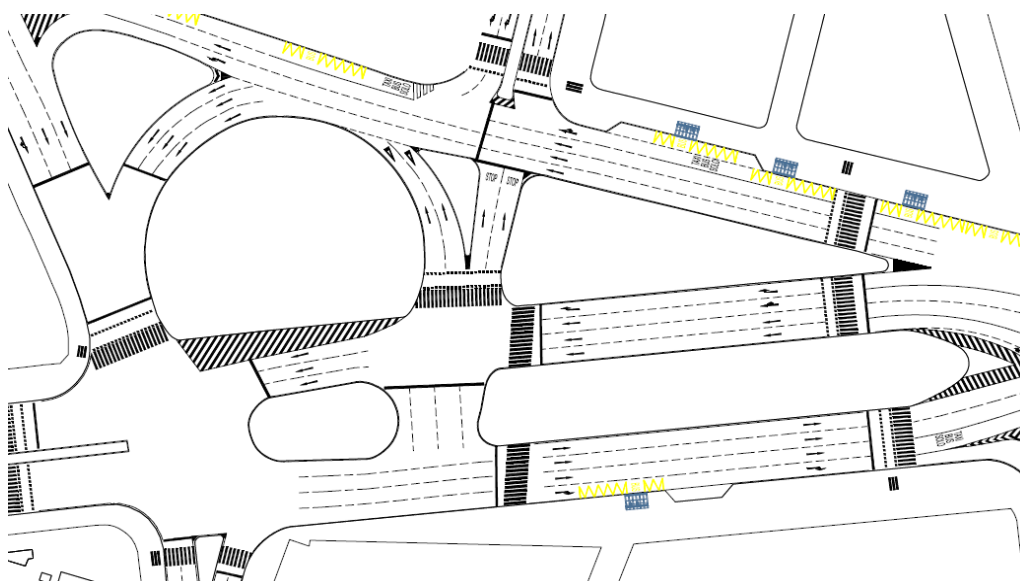
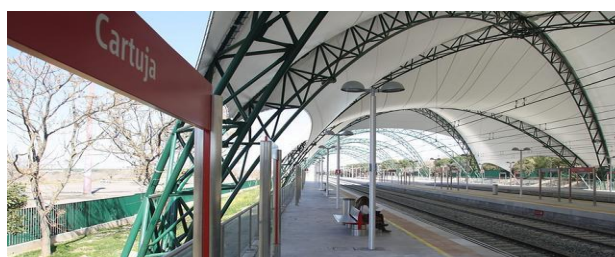


Figura 30: Nodo Avda.Expo '92 – Cristo de la Expiración

3.1.4 TRANSPORTE PÚBLICO

3.1.4.1 FERROCARRIL

Cerca de la zona de estudio se encuentra la estación de apeadero de la Cartuja, la cual conecta con la estación de Santa Justa mediante la línea C2. La estación está ubicada en el antiguo apeadero del AVE y cercanías de la Expo'92, en la avenida Carlos III.





SEVILLA			
Renfe Santa Justa (Sevilla)	Sevilla	Renfe Cartuja (Sevilla)	Frecuencia
07:03	07:08	07:18	LV
08:03	08:08	08:18	LVSDF
09:03	09:08	09:18	LVSDF
10:03	10:08	10:18	LV
11:03	11:08	11:18	LVSDF
12:03	12:08	12:18	LV
13:03	13:08	13:18	LVSDF
14:03	14:08	14:18	LVSDF
15:03	15:08	15:18	LVSDF
16:03	16:08	16:18	LV
17:03	17:08	17:18	LVSDF
18:03	18:08	18:18	LV
19:03	19:08	19:18	LVSDF
20:03	20:08	20:18	LV
21:03	21:08	21:18	LVSDF

Figura 31: Itinerario y horario de la línea C2 cercanías Santa Justa-Cartuja

3.1.4.2 METRO

En la zona de estudio se encuentran las líneas de metro 2 y 4 cuya parada se sitúa en Puerta Triana. Además se propone prolongar en un futuro la línea de Cercanías C2 hasta dicha parada para conectar ambos modos de transporte.



Figura 32: Plano Red de Metro y Conexiones tranviarias (Sevilla)

3.1.4.3 AUTOBÚS URBANO

El área de influencia de Torre Pelli y La zona Sur de la Cartuja en general, está servida por una serie de líneas del transporte público colectivo de carácter urbano que se estructuran principalmente en dos ejes, unos en dirección Este-Oeste, Cristo de Expiración – Avda. Expo '92, con continuidad hacia el Sur, hacia Triana, y el otro eje en dirección Norte – Sur que conecta Triana con la Isla de La Cartuja.



Figura 33: Líneas de autobuses urbanos que circula por Puerta Triana

3.1.4.4 AUTOBÚS INTERURBANO

En la zona de estudio circulan numerosos autobuses interurbanos debido a que es una de las entradas/salidas de la ciudad. Además, próxima a Puerta Triana se encuentra la Estación de Autobuses Plaza de Armas, por lo que la mayoría de autobuses que ésta acoge, al tener como origen o destino dicha estación, tienen una parada en el nodo Avda. Expo '92- Entrada Puente Cristo de la Expiración.



Figura 34: Vista del nodo y de la estación de autobuses Plaza de Armas

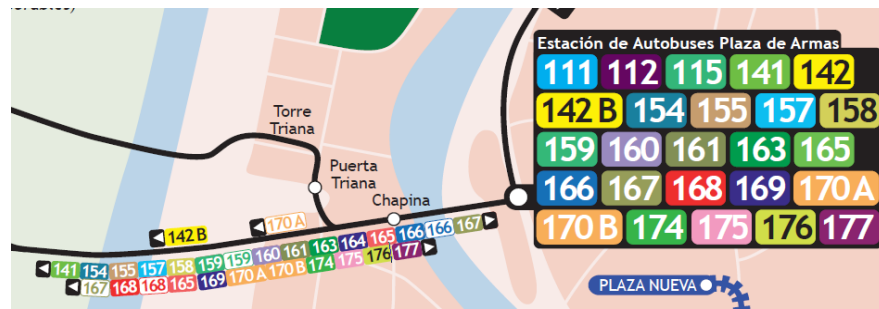


Figura 35: Líneas de autobuses interurbanos que circulan en el área de estudio

3.1.4.5 OTROS MODOS

3.1.4.5.1 ACCESO EN BICICLETA

La zona de estudio cuenta con carriles bici bien señalizados para potenciar el uso y la seguridad de este modo de transporte.

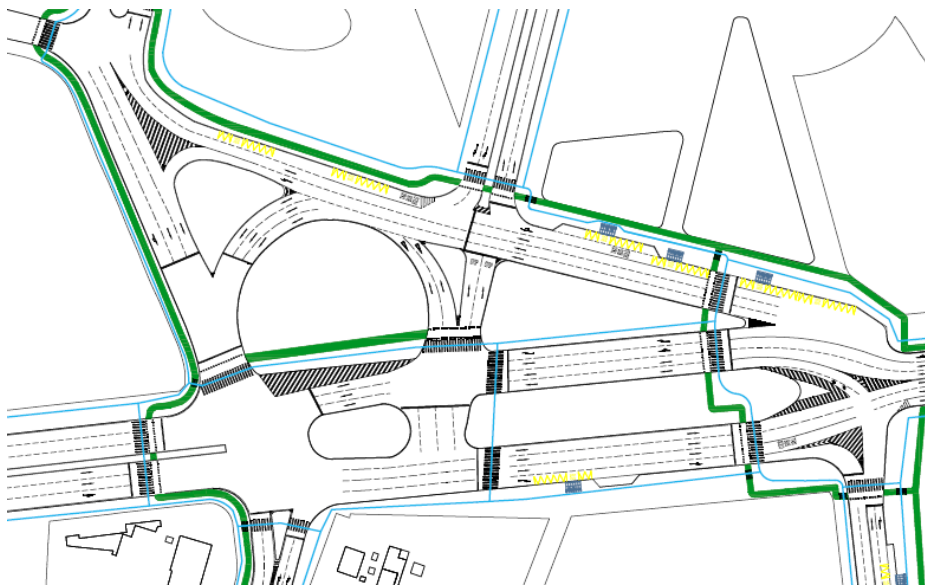


Figura 36: Itinerarios peatonales y en bicicleta en el área de estudio

3.2 LÍNEAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

3.2.1 AUTOBÚS INTERURBANO

3.2.1.1 M-141 Sevilla (Pza. Armas) – Puebla del Río

La línea M-141 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Puebla del Río con en el de Sevilla. Efectúa el trayecto realizando paradas en los siguientes municipios: Puebla del Río, Coria del Río, Gelves, San Juan, Camas y Sevilla.

Dispone de un total de 26 paradas, siendo el tiempo total de recorrido de 40 minutos.

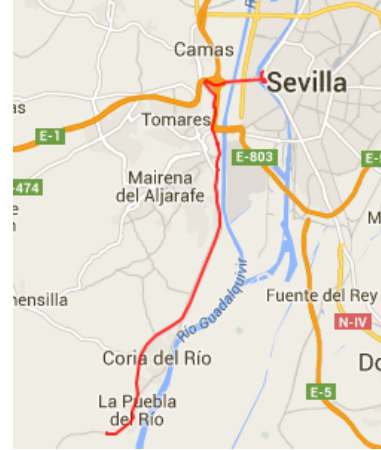


Figura 37: Itinerario línea M-141

3.2.1.2 M-142 Sevilla (Pza. Armas) – Coria del Río

La línea M-142 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Coria del Río con en el de Sevilla. Efectúa el trayecto realizando paradas en los siguientes municipios: Coria del Río, Palomares del Río, Mairena del Aljarafe, San Juan, Camas y Sevilla.

Dispone de un total de 33 paradas, siendo el tiempo total de recorrido de 55 minutos.

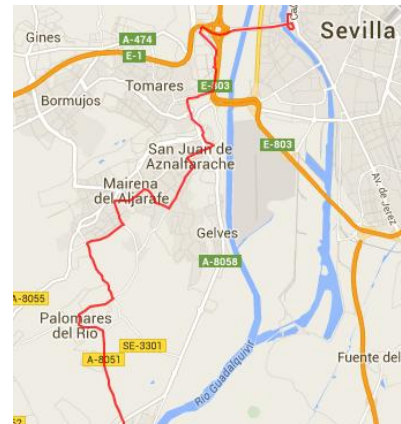


Figura 38: Itinerario línea M-142

3.2.1.3 M-154 Sevilla- Mairena del Aljarafe (Cerro)

La línea M-154 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Mairena del Aljarafe con en el de Sevilla. Efectúa un trayecto circular realizando paradas en los siguientes municipios: Sevilla, Camas, Tomares, San Juan, Mairena del Aljarafe, San Juan, Camas y Sevilla, de nuevo.

Dispone de un total de 34 paradas, siendo el tiempo total de recorrido de 48 minutos.



Figura 39: Itinerario línea M-154

3.2.1.4 M-155 Almensilla - Sevilla

La línea M-155 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Almensilla con en el de Sevilla. Realiza el trayecto pasando por los siguientes municipios: Almensilla, Mairena del Aljarafe, San Juan, Camas y por último, Sevilla.

Dispone de un total de 31 paradas, siendo el tiempo total de recorrido de 45 minutos.

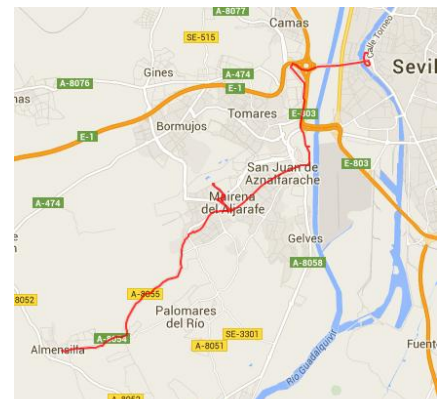


Figura 40: Itinerario línea M-155

3.2.1.5 M-157 Bollullos de la Mitación – Sevilla

La línea M-157 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Bollullos de la Mitación con en el de Sevilla. El trayecto se realiza a través de los siguientes municipios: Bollullos de la Mitación, Bormujos, Castilleja de la Cuesta, Tomares y Sevilla.

El recorrido, que dispone de un total de 20 paradas, se efectúa en 35 minutos.

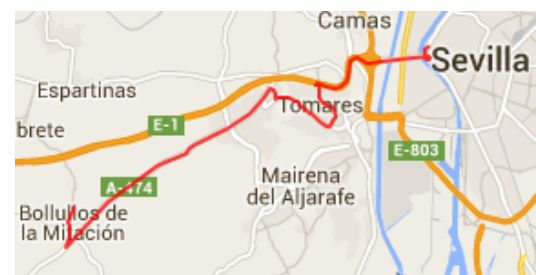


Figura 41: Itinerario línea M-157

3.2.1.6 M-158 Sevilla – Bollullos de la Mitación

La línea M-158 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Bollullos de la Mitación con en el de Sevilla. El trayecto dispone de paradas en los siguientes municipios: Bollullos de la Mitación, Bormujos y Sevilla.

El número de paradas es de 19 y el tiempo total de recorrido es de 34 minutos.

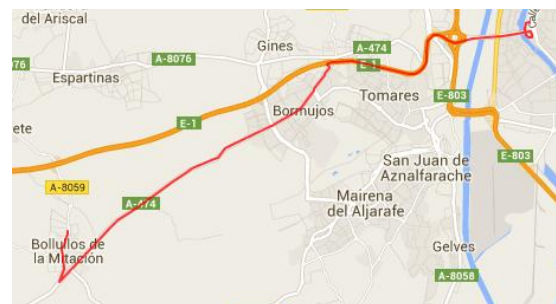


Figura 42: Itinerario línea M-158

3.2.1.7 M-159 Sevilla – Bollulos de la Mitación

La línea M-159 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Bollullos de la Mitación con en el de Sevilla. El trayecto se realiza a través de los siguientes municipios: Bollullos de la Mitación, Bormujos, Castilleja de la Cuesta, Camas y Sevilla.

Durante el recorrido se efectúan 23 paradas con una duración de 30 minutos en total.



Figura 43: Itinerario línea M-159

3.2.1.8 M-160 Sevilla – Gines

La línea M-160 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Gines con en el de Sevilla. El trayecto se realiza por los siguientes municipios: Gines, Castilleja de la Cuesta, Camas y Sevilla.

El recorrido dispone de 17 paradas y tiene una duración de 25 minutos.



Figura 44: Itinerario línea M-160

3.2.1.9 M-161 Sevilla – Tomares

La línea M-161 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Tomares con en el de Sevilla. El trayecto dispone de 20 paradas distribuidas por los municipios de Tomares y Sevilla. El tiempo total de recorrido es de 30 minutos.



Figura 45: Itinerario línea M-161

3.2.1.10 M-163 Sevilla – Bormujos

La línea M-161 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Bormujos con en el de Sevilla. El recorrido se lleva a cabo por los siguientes municipios: Bormujos, Castilleja de la Cuesta y Sevilla.

El recorrido se efectúa en 24 minutos realizando 11 paradas.

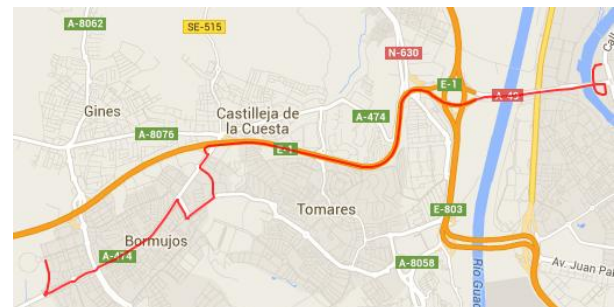


Figura 46: Itinerario línea M-163

3.2.1.11 M-165 Sevilla – Castilleja del Campo

La línea M-165 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Castilleja del Campo con en el de Sevilla. El trayecto se realiza a través de los siguientes municipios: Castilleja del Campo, Carrión, Huévar, Sanlúcar la Mayor, Bormujos y Sevilla.

El recorrido dispone de 20 paradas y se lleva a cabo en 70 minutos.



Figura 47: Itinerario línea M-165

3.2.1.12 M-166 Sevilla – Sanlúcar la Mayor

La línea M-165 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Sanlúcar la Mayor con en el de Sevilla. Se realiza el trayecto pasando por los siguientes municipios: Sanlúcar la Mayor, Espartinas, Bormujos, Gines, Castilleja de la Cuesta, Camas y Sevilla.

El recorrido tiene una duración total de 55 minutos y dispone de 44 paradas.

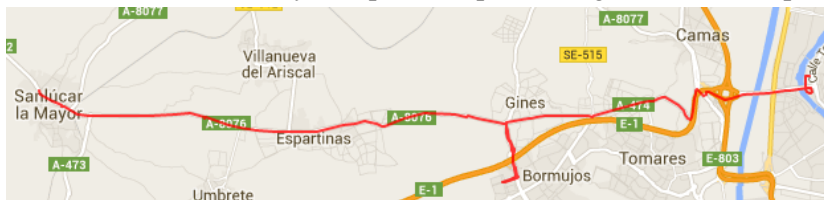


Figura 48: Itinerario línea M-166

3.2.1.13 M-167 Sevilla – Villanueva del Ariscal

La línea M-167 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Villanueva del Ariscal con en el de Sevilla. El trayecto se realiza a través de los siguientes municipios: Villanueva del Ariscal, Espartinas, Bormujos, Gines, Castilleja de la Cuesta, Camas y Sevilla.

Durante el recorrido se efectúan 26 paradas con una duración total de 54 minutos.

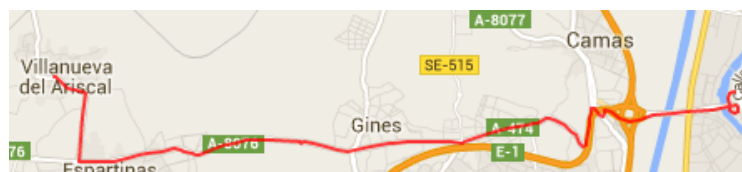


Figura 49: Itinerario línea M-167

3.2.1.14 M-168 Sevilla – Benacazón

La línea M-168 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Benacazón con en el de Sevilla. El recorrido se lleva a cabo a través de los siguientes municipios: Benacazón, Umbrete, Espartinas, Gines, Castilleja de la Cuesta, Camas y Sevilla.

El trayecto dispone de 32 paradas y su duración total es de 45 minutos.



Figura 50: Itinerario línea M-168

3.2.1.15 M-169 Sevilla – Villamanrique

La línea M-169 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Villamanrique con en el de Sevilla. La línea discurre a través de los siguientes municipios: Villamanrique, Pilas, Aznalcázar, Bollullos de la Mitación, Bormujos y Sevilla.

El recorrido se realiza en 25 paradas con una duración total de 90 minutos de trayecto.

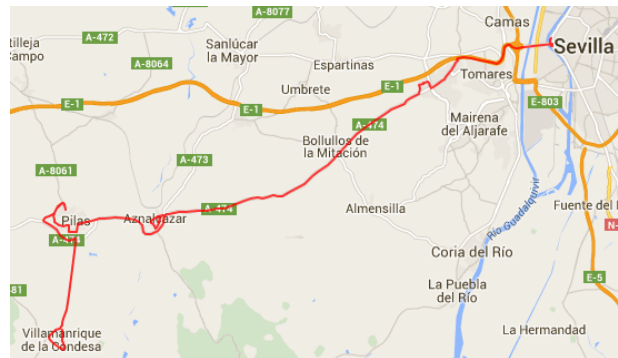


Figura 51: Itinerario línea M-169

3.2.1.16 M-170A Sevilla – Santiponce

La línea M-170A del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Santiponce con en el de Sevilla. El trayecto se lleva a cabo a través de los siguientes municipios: Santiponce, Valencina, Camas y Sevilla.

Se realizan 22 paradas durante 26 minutos de recorrido.

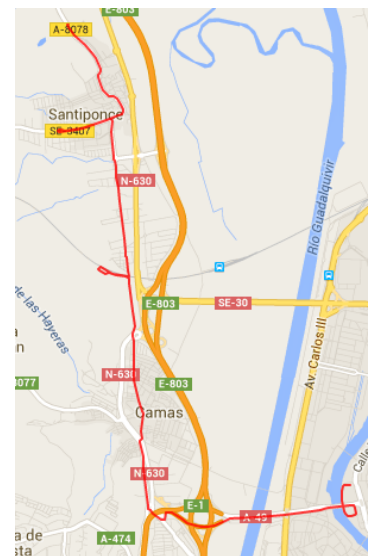


Figura 52: Itinerario línea M-170A

3.2.1.17 M-170B Sevilla – Las Pajanosas (Guillena)

La línea M-170B del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Las Pajanosas (Guillena) con en el de Sevilla. La línea discurre a través de los siguientes municipios: Las Pajanosas, Salteras, Santiponce, Valencina, Camas y Sevilla.

El recorrido se realiza en 25 paradas con una duración total de 45 minutos de trayecto.

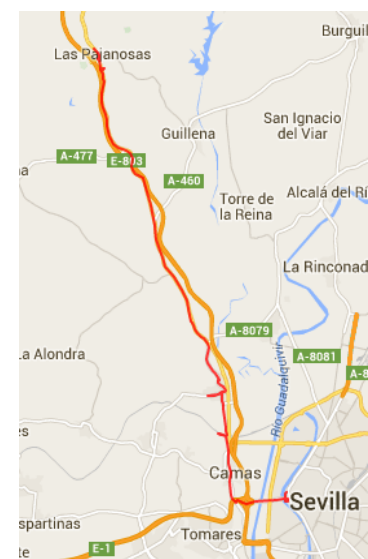


Figura 53: Itinerario línea M-170B

3.2.1.18 M-174 Sevilla – Las Pilas – La Gloria

La línea M-174 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Gines con el de Sevilla. El trayecto se efectúa realizando 19 paradas en los siguientes municipios: Gines, Valencina, Castilleja de Guzmán, Camas y Sevilla. El recorrido tiene una duración de 33 minutos.



Figura 54: Itinerario línea M-174

3.2.1.19 M-175 Sevilla – Albaida del Aljarafe

La línea M-175 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Albaida del Aljarafe con el de Sevilla. El recorrido se lleva a cabo por los siguientes municipios: Albaida del aljarafe, Olivares, Salteras, Valencina de la Concepción, Castilleja de Guzmán, Camas y Sevilla.

Durante el trayecto, que tiene una duración aproximada de 40 minutos, se realizan 35 paradas.



Figura 55: Itinerario línea M-175

3.2.1.20 M-176 Sevilla – Aznalcóllar

La línea M-176 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Aznalcóllar con el de Sevilla. Durante el recorrido, que tiene una duración de 60 minutos, se realizan 27 paradas a través de los siguientes municipios: Aznalcóllar, Sanlúcar la Mayor, Gerena, Salteras, Santiponce, Valencina de la Concepción, Camas y Sevilla.

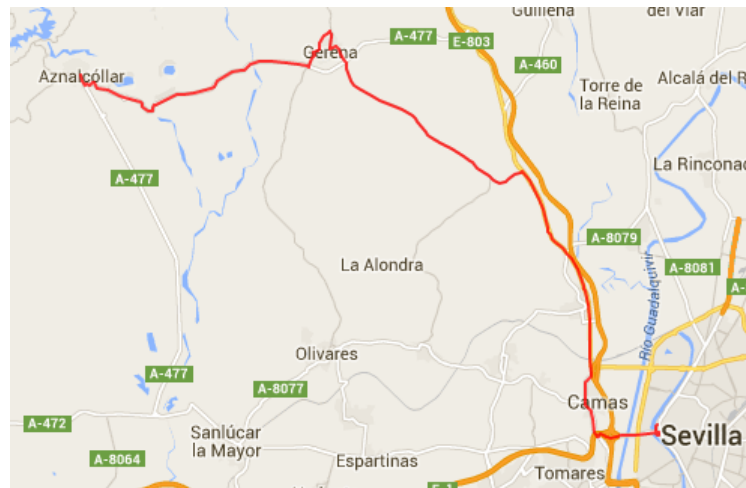


Figura 56: Itinerario línea M-176

3.2.1.21 M-177 Sevilla – Guillena

La línea M-177 del Consorcio de Transportes del área metropolitana de Sevilla conecta el municipio de Guillena con el de Sevilla. El recorrido se realiza por los siguientes municipios: Guillena, Santiponce, Valencina de la Concepción, Camas y Sevilla.

El trayecto tiene una duración total de 30 minutos y dispone de 17 paradas.

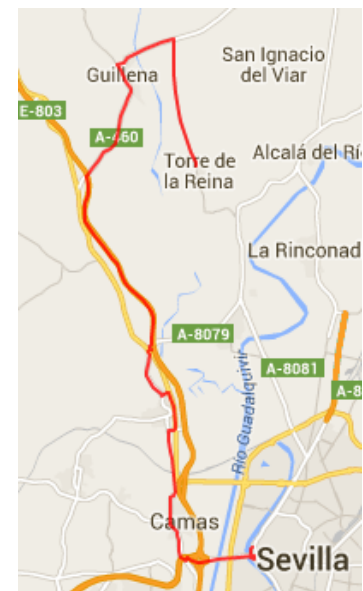


Figura 57: Itinerario M-177

Tabla 1: Intensidad horaria de los autobuses interurbanos sentido entrada (Este)

INTENSIDAD HORARIA DE LOS AUTOBUSES. SENTIDO ENTRADA (ESTE)																						
LÍNEAS	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	TOTALES
M-141		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1					15
M-142B		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							13
M-154				2	1	1	1	1	1													7
M-155			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1						12
M-157		1																1				2
M-158	1	1	1																			3
M-159				2	1		1		1	1	1	1		1	1		1					11
M-160		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1			51
M-161		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1		47
M-163		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					28
M-165		1	1		1								1									4
M-166		1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1					26
M-167		1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1					16
M-168		1	4	1	2	3		1	2	2	2	2	1	1	1	1	2					26
M-169		1	2		1	1		1		1		1	1	1								10
M-170 A		2	2	4	3	2	3	2	3	4	5	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1	49
M-170 B		1	1				1			1	1					1			1			7
M-174		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1		13
M-175	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1				41
M-176		3	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1		1					15
M-177	1	1	3	2	1	1		1	1		2		1	2		1	1					18
TOTALES	3	25	34	28	29	26	24	24	26	26	28	23	21	24	18	17	19	9	6	3	1	414

Tabla 2: Intensidad horaria de los autobuses interurbanos sentido salida (Oeste)

INTENSIDAD HORARIA DE LOS AUTOBUSES. SENTIDO SALIDA (OESTE)																						
LÍNEAS	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	TOTALES
M-141			1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					14
M-142B			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					14
M-154				2	1	1	1	1	1													7
M-155			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1							11
M-157																		1	1	1		3
M-158		1								1	1											3
M-159			2	1		1			2	1			1		1	1						10
M-160		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1		50
M-161		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1		47
M-163		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					28
M-165									1			1		1		1						4
M-166			1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1			27
M-167				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			16
M-168			2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2				26
M-169					1		1		1	1	1	1			1		1					8
M-170 A	1		3	3	3	2	2	2	3	4	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	46
M-170 B						1			1	1					1			1	1	1		7
M-174			1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1			12
M-175			2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1			41
M-176		1		1		1		1	1	1	2	1	1	1	1		1	1				14
M-177			1			1		1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1				15
TOTALES	1	7	23	26	23	26	24	23	32	31	27	24	21	20	23	19	17	18	11	6	1	403

3.2.2 AUTOBÚS URBANO

3.2.2.1 LÍNEA 05: PUERTA TRIANA – SANTA AURELIA

La línea 5 de Tussam es una línea transversal de sentido oeste-este que establece conexión entre Puerta Triana, el Prado, Gran Plaza y Santa Aurelia.

La longitud del trayecto es de 17,93km. La velocidad comercial de la línea es de 13,05km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 82 minutos aproximadamente.

Esta línea desplaza unos 2,743,981 viajeros anualmente, unos 4,13 viajeros/km y unos 74,08 viajeros/vuelta.

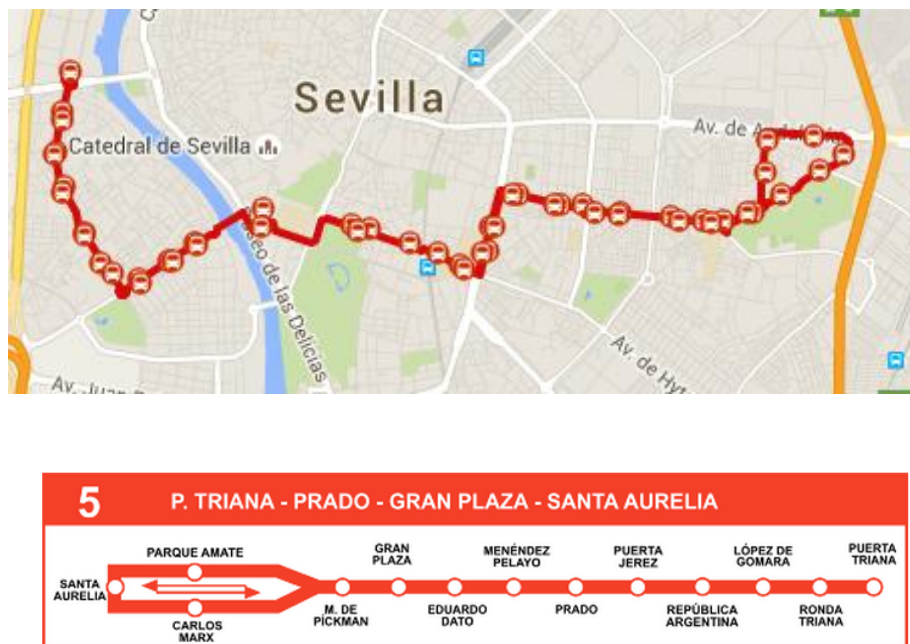


Figura 58: Itinerario línea 5

Tabla 3: Datos de oferta línea 5 en día laborable (Frecuencia en min)

	PERIODO HORARIO									
	H.P. MAÑANA		VALLE MAÑANA		H.P. MEDIODÍA		VALLE TARDE		H.P. TARDE	
LÍNEA	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC
5	11	8	9	10	11	8	8	11	8	11

Tabla 4: Datos de demanda línea 5 en día laborable

LÍNEA	VIAJEROS
5	9.345

3.2.2.2 LÍNEA 06: Gta. San Lázaro – Hospital V. del Rocío

La línea 6 de TUSAM es una línea transversal que conecta Sevilla de Sur a Norte desde la Glorieta San Lázaro hasta Ciudad Sanitaria.

La longitud del trayecto es de 21,56 km. La velocidad comercial de la línea es de 12,04km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 107 minutos aproximadamente.

Esta línea desplaza unos 3,102,973 viajeros anualmente, unos 4,82 viajeros/km y unos 103,93 viajeros/vuelta.



Figura 59: Itinerario línea 6

Tabla 5: Datos de oferta línea 6 en día laborable (Frecuencia en min)

	PERIODO HORARIO									
	H.P.MAÑANA		VALLE MAÑANA		H.P.MEDIODÍA		VALLE TARDE		H.P.TARDE	
LÍNEA	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC
6	14	8	11	10	14	8	8	13	9	12

Tabla 6: Datos de demanda línea 6 en día laborable

LÍNEA	VIAJEROS
6	11.956

3.2.2.3 LÍNEA 43: Plaza Magdalena – El Turruñuelo

La línea 43 de Tussam es una línea radial oeste que conecta la Plaza de la Magdalena con la Avenida de Coria situada en Triana.

La longitud del trayecto es de 5.63 km. La velocidad comercial de la línea es de 11,1km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 30 minutos aproximadamente.

Esta línea desplaza unos 642,428 viajeros anualmente, unos 3,50 viajeros/km y unos 19,78 viajeros/vuelta.

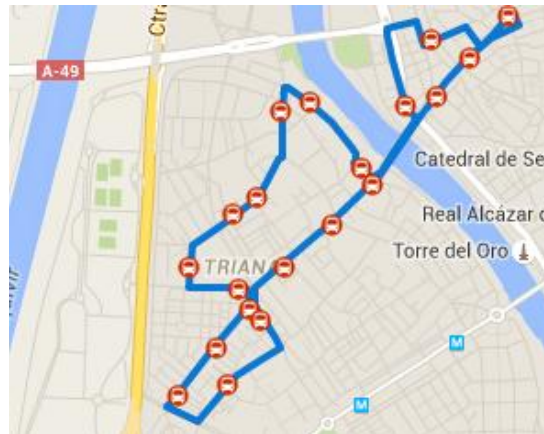


Figura 60: Itinerario línea 43

Tabla 7: Datos de oferta línea 43 en día laborable (Frecuencia en min)

	PERIODO HORARIO									
	H.P. MAÑANA		VALLE MAÑANA		H.P. MEDIODÍA		VALLE TARDE		H.P. TARDE	
LÍNEA	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC
43	3	10	3	11	3	11	3	9	3	10

Tabla 8: Datos de demanda línea 43 en día laborable

LÍNEA	VIAJEROS
43	1.760

3.2.2.4 LÍNEAS C1 Y C2: Circular Exterior 1 y 2

Las líneas C1 y C2 de TUSAM son líneas complementarias que constituyen las líneas circulares exteriores de Sevilla que discurren desde la Isla de la Cartuja hasta el Prado de San Sebastián.

La línea C1 cuenta con una longitud de 14,43km. La velocidad comercial de la línea es de 13,20km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 65 minutos aproximadamente. Esta línea desplaza unos 3,791,159 viajeros anualmente, unos 5,77 viajeros/km y unos 83,39 viajeros/vuelta.

La línea C2 cuenta con una longitud de 14,41km. La velocidad comercial de la línea es de 12,08km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 71 minutos aproximadamente. Esta línea desplaza unos 3,884,730 viajeros anualmente, unos 56,10 viajeros/km y unos 88,00 viajeros/vuelta.



Figura 61: Itinerarios líneas C1 y C2

Tabla 9: Datos de oferta líneas C1 y C2 en día laborable (Frecuencia en min)

LÍNEA	PERIODO HORARIO									
	H.P.MAÑANA		VALLE MAÑANA		H.P.MEDIODÍA		VALLE TARDE		H.P.TARDE	
	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC	COCHES	FREC
C1	13	5	11	6	13	5	9	7	10	7
C2	15	5	12	6	14	5	9	8	10	7

Tabla 10: Datos de demanda líneas C1 y C2 en día laborable

LÍNEA	VIAJEROS
C1	15.509
C2	15.774

3.2.2.5 LÍNEAS C3: Circular interior

La línea C3 de Tussam es una línea circular interior que transcurre desde La Macarena hasta El Prado de San Sebastián.

La longitud del trayecto es de 8,57 km. La velocidad comercial de la línea es de 12,44km/h lo que permite realizar el recorrido completo en 41 minutos aproximadamente. Esta línea desplaza unos 2,399,052 viajeros anualmente, unos 6,53 viajeros/km y unos 55,86 viajeros/vuelta.



Figura 62: Itinerario línea C3

Tabla 11: Datos de oferta línea C3 en día laborable

	H.P. MAÑANA	
LÍNEA	COCHES	FREC
C3	9	5

3.2.3 METRO

La Línea 2 presenta un trazado Este-Oeste. Su recorrido, que comienza en la Isla de la Cartuja, en Puerta Triana, y atraviesa el casco antiguo de Sevilla, Polígono San Pablo, Sevilla Este y finaliza en el barrio de Torreblanca. Características de la línea:

- Longitud: 11.78km
- Número de estaciones: 17
- Demanda estimada: 80.452 viajeros/día
- Tiempos de viaje estimados:
 - Cartuja(Puerta Triana)-Santa Justa: 8 minutos
 - Plaza Duque-Palacio de Congresos: 16 minutos
 - Puerta Osario-Aeronáutica (Sevilla Este): 18 minutos

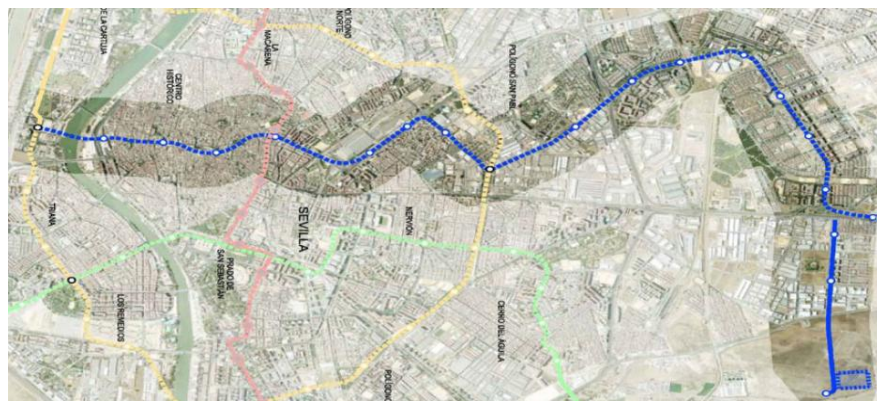


Figura 63: Itinerario de la línea 2 del Metro de Sevilla

la Línea 4 del Metro de Sevilla presenta un recorrido circular. Parte de Los Remedios y concluye en la zona Sur, en el Campus de Reina Mercedes. En este trayecto atraviesa zonas como la Ronda de Triana, Isla de la Cartuja, el barrio de la Macarena, Polígono de San Pablo y la Ronda del Tamarguillo. Características de la línea:

- Longitud: 17km
- Número de estaciones: 24 (20 subterráneas y 4 en superficie)
- Demanda estimada: 73.654 viajeros/día
- Tiempos de viaje estimados:
 - Hospital Macarena-Hospital Virgen del Rocío: 16.5 minutos
 - Los Arcos- Hospital Macarena: 9 minutos
 - Parque de los Príncipes- Hospital Macarena: 15 minutos

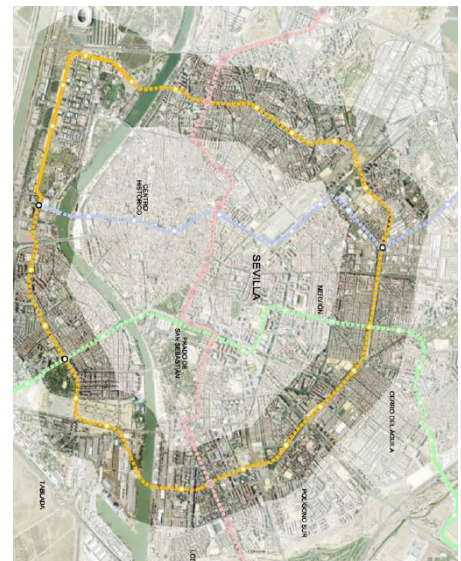


Figura 64: Itinerario de la línea 4 del Metro de Sevilla

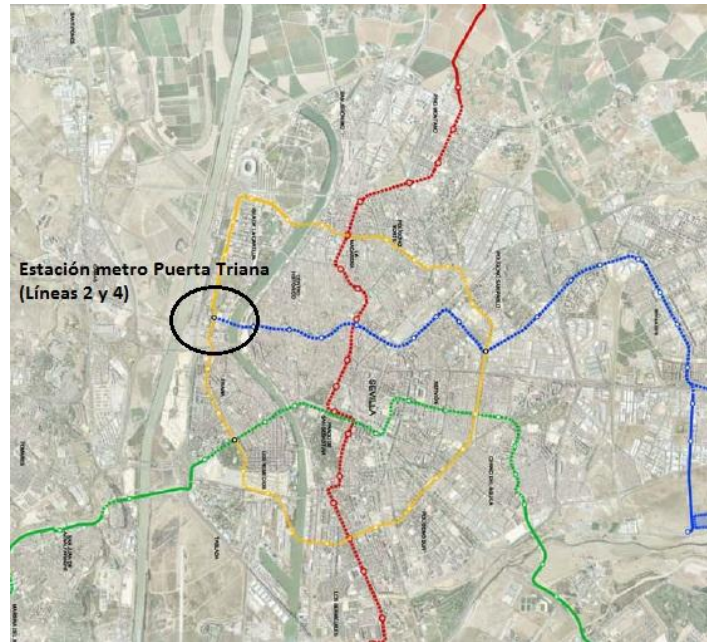


Figura 65: Ubicación de la estación de Metro de Puerta de Triana en la Red Metro Sevilla

3.3 ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

3.3.1 POSIBLES LOCALIZACIONES

Antes de estudiar las posibles ubicaciones del área intermodal es necesario conocer donde se encuentran los edificios de mayor interés, pues serán el origen y destino de muchos de los viajes.



Figura 66: Edificios de gran interés en el área de estudio

- Edificio 1: Edificio de la Prensa
- Edificio 2: Edificio Expo
- Edificio 3: Torre Triana
- Edificio 4: Red Eléctrica de España
- Edificio 5: Complejo de la Torre Pelli
- Edificio 6: Pabellón de la Navegación
- Edificio 7: Torre Schindler

A continuación se presentan las posibles ubicaciones del área intermodal evaluando en cada una los siguientes criterios:

- Tamaño de parcela
- Compatibilidad con el uso de suelos del PGOU
- Modificación de la trayectoria de los autobuses
- Distancia con los lugares de mayor interés
- Seguridad de los peatones



Figura 67: Posibles ubicaciones del área intermodal

Las parcelas 1, 2 y 3 pertenecen al Plan Especial de Reforma Interior ARI-DT-10 “Puerta Triana” cuyo suelo es calificado como suelo urbano no consolidado.



Figura 68: Ubicación y Ordenación Pormenorizada del Plan Especial de Reforma Interior ARI-DT-10

Se considera que el tamaño de la parcela 1 es adecuado para ubicar el área intermodal pues consta de 10.684m². El uso del suelo es compatible al tratarse de un suelo definido en el PGOU destinado a Servicios de Interés Público y Social. En el caso de desarrollarse esta alternativa los autobuses deberían modificar su trayectoria considerablemente para acceder al área intermodal lo que provocaría la disminución de la velocidad comercial, y por lo tanto, el aumento de tiempo de viaje. La distancia a los edificios de interés señalados anteriormente se considera adecuada, sin embargo se trata de la alternativa situada más lejos de Triana. Por último, la seguridad de los peatones es media porque están obligados a realizar cruces para ir desde/hacia sus destinos.

En cuanto a la parcela 2, se trata de una parcela urbanística calificada con uso dotacional calificado como zona verde, inscrito en el ámbito del SGEL-36 (Sistema General de Espacios Libres) por el vigente Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU). Este suelo se integra en la estrategia de puesta en valor de la dársena histórica para usos de ocio, cultural y turístico de la ciudad que pretende lograr la recuperación y utilización como espacios libres y de esparcimientos de las dos riberas. En esta zona se pretende acondicionar los espacios libres de la Isla de la Cartuja para dar continuidad hasta los nuevos espacios previstos para la ampliación del Parque del Alamillo. Debido a lo explicado, y a pesar de que cumple otros criterios, se considera incompatible el uso del suelo con la actuación del área intermodal.

La parcela 3 la forman las medianas y pastillas ubicadas en el interior del nodo. La superficie de cada una de ellas es insuficiente a no ser que se unifiquen y formen una gran pastilla. Para la realización de este proyecto se considera que la unión de dichas pastillas es viable y que, por lo tanto, el tamaño es adecuado. Se trata de un suelo dedicado a espacio libre asociado al viario siendo su único objetivo permitir los cambios de dirección en el nodo. Por lo tanto, en caso de ubicar el área intermodal en esta zona se le dotaría de un nuevo uso al suelo sin afectar a su uso actual. Su estratégica ubicación permite que las trayectorias de los autobuses no sufran modificaciones y que la distancia, tanto a los edificios ubicados en Puerta Triana como a las principales calles de Triana, sea adecuada. Aunque el número de calzadas que hay que cruzar aumenta respecto de otras alternativas, se regularían los cruces mediante semáforos para aumentar la seguridad de los peatones.

Respecto a las parcelas 4 y 5, ambas están destinadas al uso de Servicios de Interés Público y Social según el PGOU.



Figura 69: Ordenación pormenorizada de las Parcelas 4 y 5

El tamaño de la parcela 4 es adecuado para ubicar el área intermodal y, además, su ubicación permite que las trayectorias de los autobuses que circulan en sentido Este-Oeste apenas sufran modificaciones. Sin embargo, los viajes de los autobuses en sentido Oeste-Este aumentarían al tener que acceder al nodo para llegar al área intermodal. Por lo tanto, esta solución potencia el transbordo al ubicarse en un mismo lugar todos los modos de transporte, pero provocaría alteraciones en las líneas que acceden al Puente Cristo de la Expiración.

En el caso en el que la parcela 4 sólo diera servicio a la circulación en sentido Este-Oeste, se podría utilizar la parcela 5 para el otro sentido. Con esta solución las trayectorias de los autobuses en ambos sentidos no sufrirían modificaciones, pero se penaliza a la intermodalidad al obligar al peatón a desplazarse para realizar transbordo.

Por último, las opciones 6 y 7 no se analizan en detalle debido a que se ubican a 700 metros de los puntos de origen y destino de los viajes, motivo por el que se descartan.

Tras el análisis realizado, se considera que las mejores ubicaciones para desarrollar el área intermodal son las representadas a continuación.

ESCENARIO 1:



Figura 70: Zonas ocupadas por el área intermodal en el escenario 1

ESCENARIO 2:



Figura 71: Zonas ocupadas por el área intermodal en el escenario 2

3.3.2 ALTERNATIVAS

Tras analizar cada una de las posibles opciones, mostramos a continuación los escenarios en los que se analizan los movimientos de los autobuses y se explican las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Para ello, ha sido necesario distinguir entre movimientos realizados por autobuses interurbanos y urbanos. A pesar de que en la zona de estudio circulan muchas líneas de autobuses interurbanos, todas ellas se han agrupado en tres movimientos.



Figura 72: Movimientos de autobuses interurbanos en el área de estudio

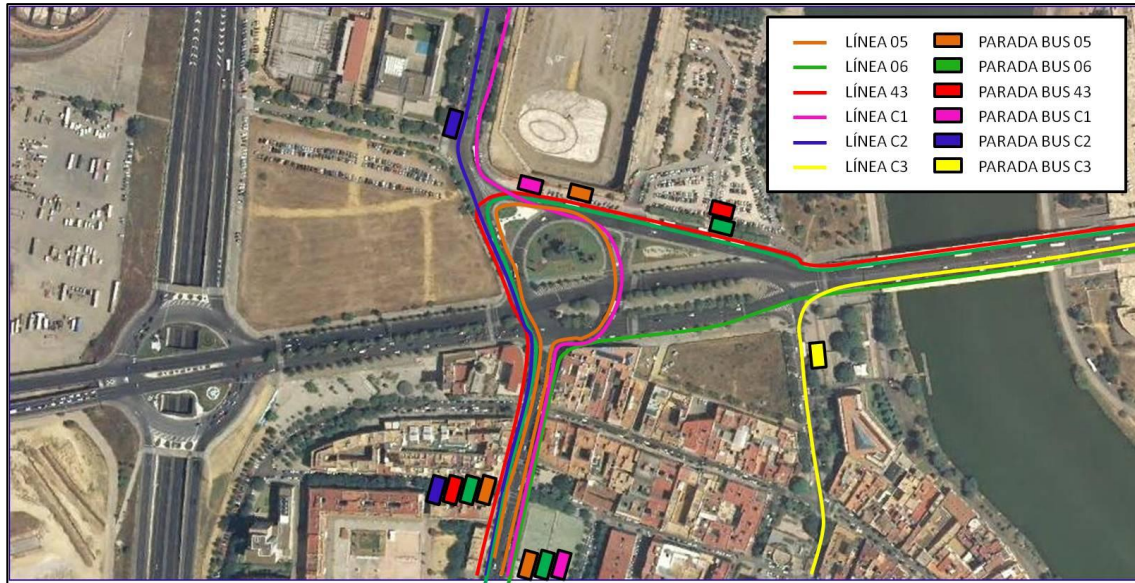


Figura 73: Movimientos de los autobuses urbanos y ubicación de las paradas en el área de estudio

3.3.2.1 ESCENARIO 1 – ALTERNATIVA 1

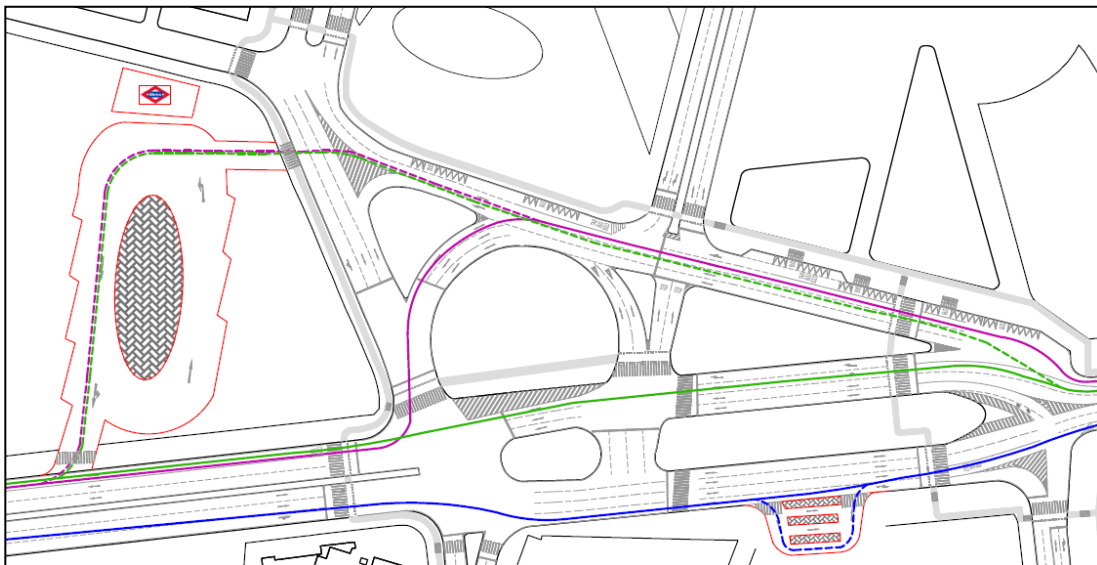


Figura 74: Movimientos de los autobuses interurbanos en el escenario 1 alternativa 1.

El área intermodal ha sido ubicada en dos zonas que se encuentran a 250 metros de distancia entre ellas. Hay que señalar que el diseño de éstas es únicamente representativo, es decir, ni la ubicación de las dársenas ni las dimensiones son definitivas, por lo que en el diseño final no tendría por qué coincidir.

Se han representado en línea continua los itinerarios actuales que los autobuses interurbanos llevan a cabo en el área de estudio, siguiendo los colores anteriores. En línea discontinua se aprecian las modificaciones de las líneas que son necesarias para permitir la circulación a través del área intermodal. Con línea roja se han representado los límites del área intermodal.

Se puede apreciar que las trayectorias de los autobuses no sufren grandes modificaciones, por lo que el tiempo de viaje no sufriría apenas aumento. Sin embargo, se ha descartado la posibilidad de que los autobuses en dirección Oeste-Este (línea azul) entren al área intermodal de mayor tamaño, pues

aumentaría considerablemente el tiempo de viaje. A pesar de que esta opción supondría que todas las líneas se concentrasen en un mismo área, reduciendo así los tiempos de viajes de peatones, convertiría la salida del área intermodal en un problema complejo, según muestra la figura.

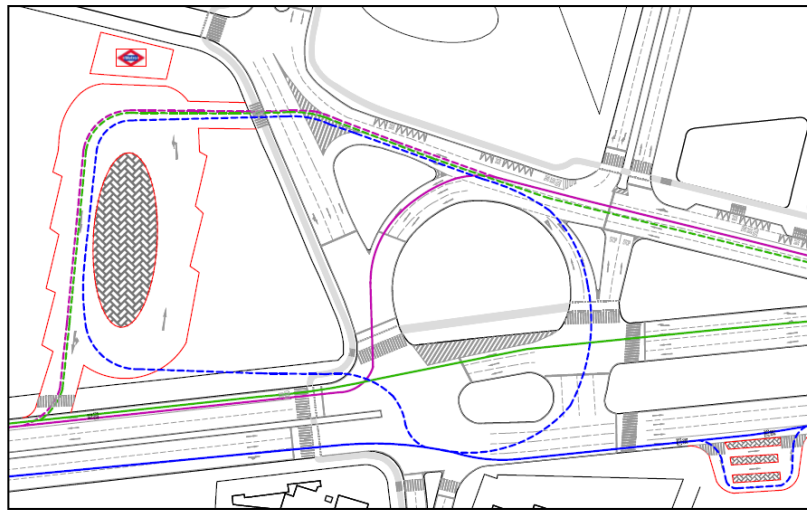


Figura 75: Movimientos de los autobuses interurbanos en sentido Oeste-Este en el área intermodal

A continuación se explica primero la zona principal del área intermodal, que consiste en la que está más próxima a la Torre Pelli y en la que se ubicaría la parada de Metro.

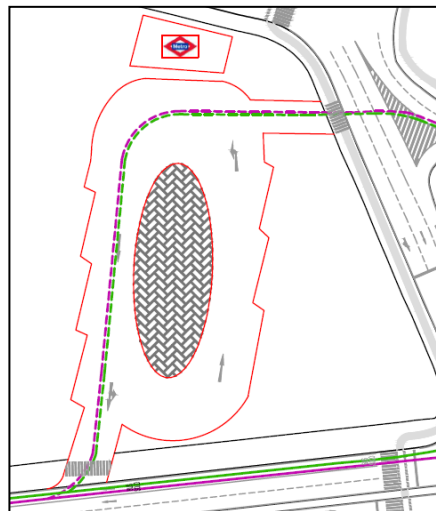


Figura 76: Entradas y salidas de los autobuses interurbanos en el área intermodal de mayor tamaño

La entrada al área intermodal se realizaría atravesando tres carriles, por lo que sería necesario interrumpir el tráfico mediante una fase semafórica. Para permitir el paso de bicicletas y peatones habría que poner un semáforo con fase en ambar a la entrada de ésta.

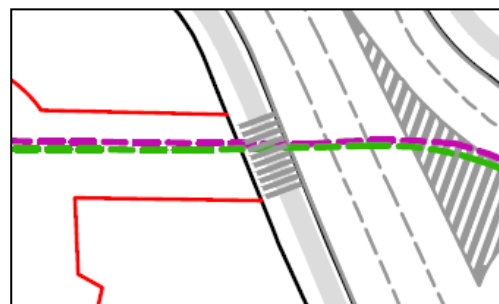


Figura 77: Entrada del área intermodal

La principal ventaja de esta alternativa es que la salida del área intermodal se llevaría a cabo mediante un carril reservado, facilitando así la incorporación de los autobuses al tráfico sin provocar interrupciones en él. Para permitir la peatonalización habría que ubicar un semáforo con fase en ambar.

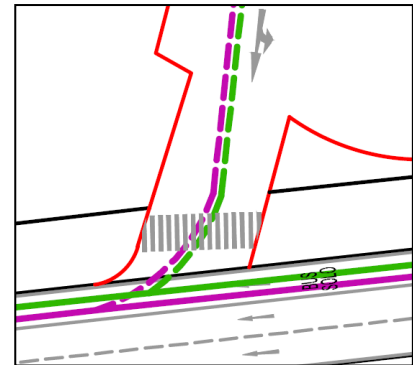


Figura 78: Salida del área intermodal

Sin embargo, un gran inconveniente es que al ubicarse la entrada en la zona norte de la parcela habrá viajeros que tengan que cruzar por la zona de circulación de autobuses para acceder a la parada de Metro, poniendo en riesgo su seguridad.

Nos centramos ahora en el área intermodal para los autobuses en sentido Oeste-Este.

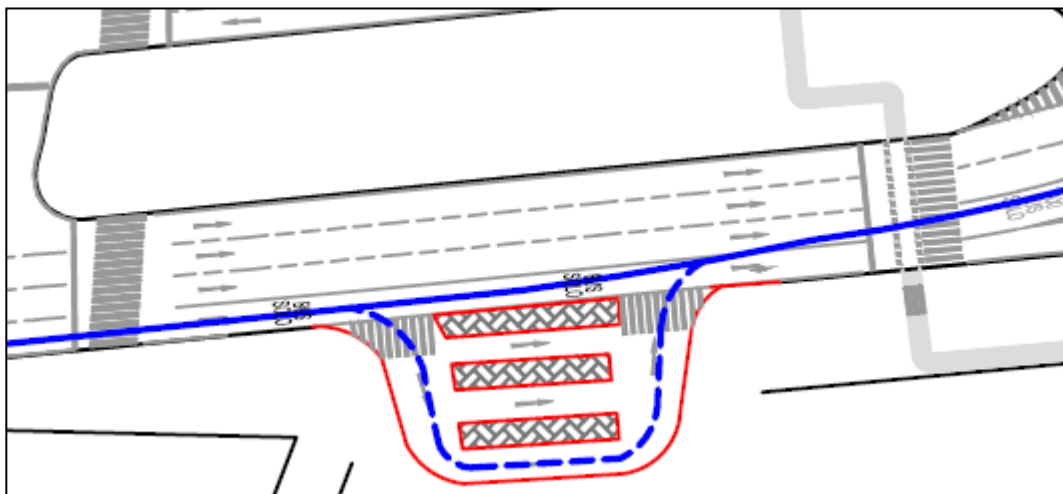


Figura 79: Entradas y salida de los autobuses interurbanos en el área intermodal de menor tamaño

La primera ventaja es que apenas sufre modificación el trayecto de las líneas. Se facilitaría la entrada al área intermodal mediante un carril reservado, según se observa en la imagen anterior, el cual permitiría también mejorar la velocidad comercial del transporte público. Además, se podría reducir el ancho de la mediana para aumentar el número de carriles para el transporte privado.

En esta situación podrían surgir conflictos a la salida del área intermodal con los vehículos que giran hacia la derecha. Además se penaliza considerablemente al peatón debido a que la estación de Metro se encuentra a 300 metros aproximadamente y para llegar a ella tiene que realizar muchos cruces, por lo que disminuye su seguridad.

Teniendo cuenta los problemas que se derivan de esta alternativa se diseña otra con el fin de solucionarlos, o al menos, reducirlos.

3.3.2.2 ESCENARIO 1 – ALTERNATIVA 2

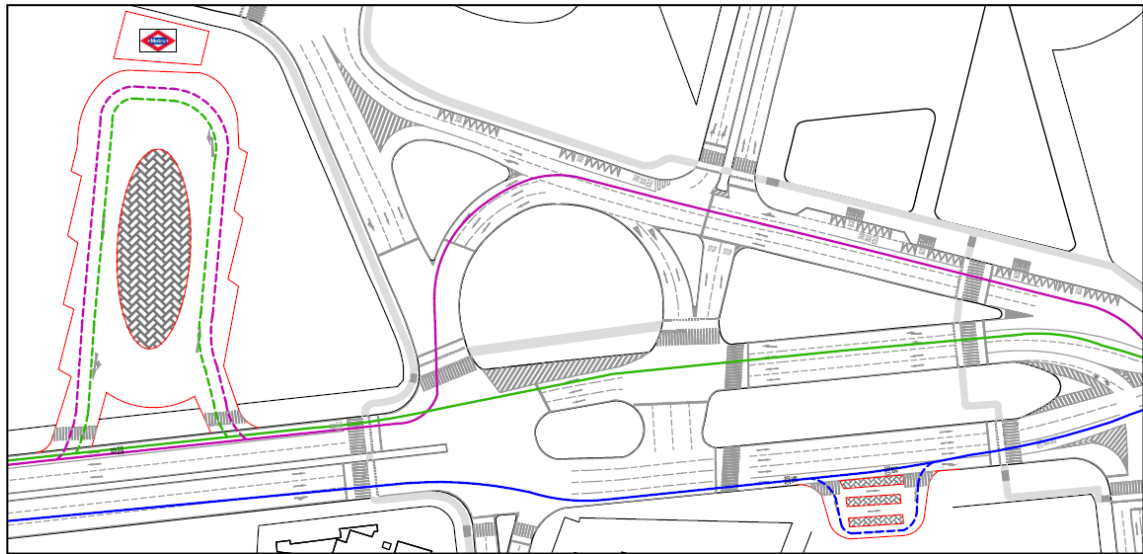


Figura 80: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal en el escenario 1 alternativa 2

En esta alternativa sólo se han realizado modificaciones en la zona intermodal de mayor tamaño en la cual se sitúa la estación de metro.

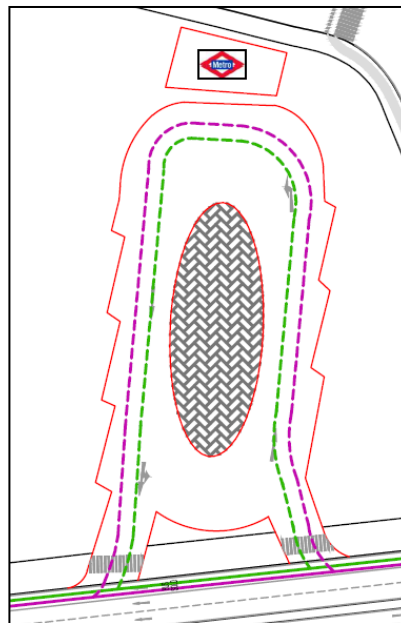


Figura 81: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal de mayor tamaño

En este caso se ha facilitado la entrada al área intermodal situándola al sur de la parcela y habilitando el carril derecho como carril reservado. De este modo, se mejora la velocidad comercial y se evita el cruce de tres carriles que se producía en la entrada de la alternativa anterior.

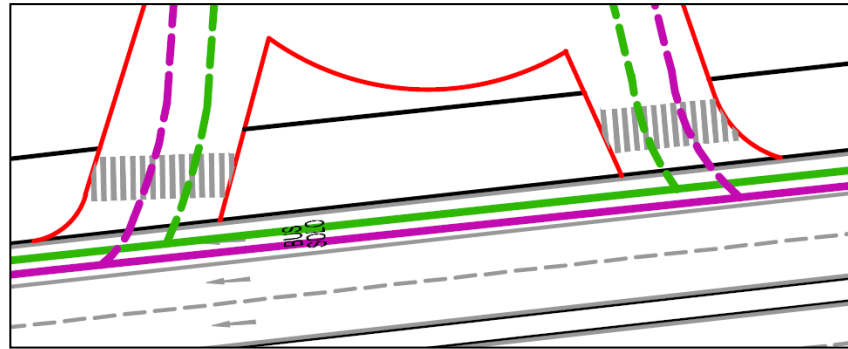


Figura 82: Entrada y salida del área intermodal

Además, la excelente ubicación de la entrada y la salida aumenta la seguridad de los viajeros evitando que tengan que cruzar por la zona de circulación de los autobuses. Sin embargo, dicha ubicación no permite el acceso de los autobuses urbanos al área intermodal, por lo que se pretenderá situar las paradas de las líneas urbanas cercanas al área intermodal y a la Torre Pelli.

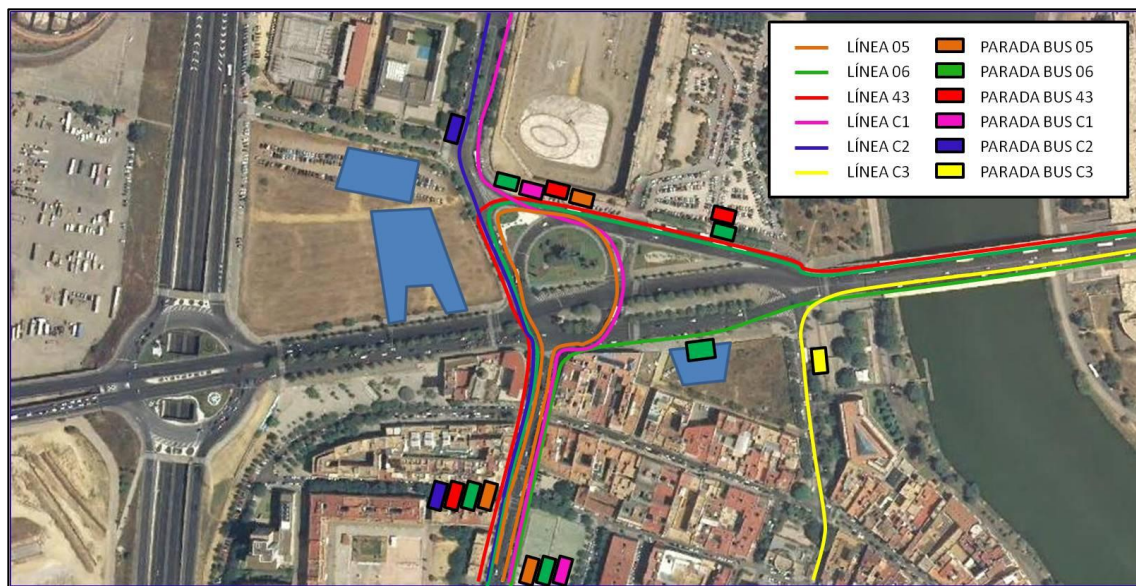


Figura 83: Movimientos de los autobuses urbanos en el área intermodal

No se ha considerado necesario modificar el trayecto de ninguna de las líneas urbanas pero sí se han añadido algunas paradas:

- Línea 5: no se ha realizado ninguna modificación porque ya contaba con una parada bajo la Torre Pelli.
- Línea 6: se ha añadido una parada bajo la Torre Pelli y otra en la pequeña área intermodal sentido Oeste-Este.
- Línea 43: se ha añadido una parada bajo la Torre Pelli.
- Línea C1: no se ha realizado ninguna modificación porque ya contaba con una parada bajo la Torre Pelli.
- Línea C2: no se ha realizado ninguna modificación porque ya contaba con una parada situada entre la parada de Metro y la Torre Pelli.
- Línea C3: no se puede acercar a la Torre Pelli porque no está permitido el movimiento hacia la Cartuja, además supondría un aumento considerable en el tiempo de viaje.

3.3.2.3 ESCENARIO 2



Figura 84: Movimientos de los autobuses interurbanos en el área intermodal del escenario 2

Este escenario se ubica en las zonas interiores que forman el nodo Avda.Expo'92-Entrada Puente Cristo de la Expiración y su objetivo es el diseño de una rotonda que facilite los numerosos movimientos que están permitidos en el área de estudio.

De este modo, la parada de Metro se ubicaría en el centro de la rotonda, a la cual sólo podrían acceder los autobuses, mediante vías de uso reservado, para así lograr que todos los modos de transporte públicos se encuentren en una misma área. Con esta propuesta se reduce el tiempo de viaje del peatón y se prioriza el concepto de intermodalidad.

Los vehículos privados circularían por las vías exteriores de la rotonda, por lo que se evitan conflictos entre el transporte público y el privado.

En este caso, la figura anterior corresponde al primer diseño de este escenario que se realizó mediante el software Transmodeler. Posterior a éste se realizaron más para optimizar la solución, motivo por el que este diseño no coincide con el diseño final.

3.3.3 ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Tras analizar las diferentes alternativas del área intermodal, en este apartado se justifica la elección de una de ellas. Para ello, se valoran las alternativas según ciertos indicadores y según las incidencias que cada una de ellas ocasiona sobre el tráfico.

Comenzando por los indicadores, es necesario señalar que se le dará más peso a aquellos que fomenten la intermodalidad, ya que el objetivo principal de este proyecto es el diseño de un área intermodal en el área de estudio. A continuación se explican los indicadores:

Criterios que fomentan la intermodalidad

Facilidad en el transbordo: el objetivo del área intermodal es facilitar el intercambio entre los distintos

medios de transporte, y para ello es necesario que estos estén concentrados en una sola zona, y que los itinerarios sean lo más cortos y lo más cómodos posibles. Este objetivo no se cumple en el escenario de la alternativa 1 que consta de dos zonas situadas a 250 metros de distancia entre ellas, lo que supone un gran inconveniente para los usuarios que realizan transbordos. Sin embargo, la alternativa 2 al estar ubicada en un único lugar que acoge los distintos modos de transporte público facilita el intercambio entre ellos.

Satisfacción del usuario: el éxito de un intercambiador desde el punto de vista del usuario se fundamenta en su percepción como espacio único que presenta una lectura sencilla de su funcionalidad y con unas características ambientales que hagan agradable la estancia en él. Atendiendo a este criterio, la alternativa 2 es más atractiva para el usuario pues al estar ubicada en un único espacio resulta más fácil y cómoda para los viajeros.

Seguridad para los peatones: es fundamental minimizar el cruce de flujos peatonales con vehículos de transporte para reducir el riesgo de accidentes. En la alternativa 1 algunos usuarios que realicen transbordo deberán recorrer 250 metros para llegar al otro área obligándoles a cruzar en varias ocasiones. Sin embargo, en la alternativa 2 al estar todo ubicado en un mismo lugar sólo se tendrá que realizar un cruce sobre una vía de uso exclusivo para autobuses.

Otros criterios

Espacio disponible: el principal condicionante que hay que considerar en la elección de la ubicación de un intercambiador es la superficie disponible necesaria para poder acoger las líneas que deben prestar servicio en él. Ambas alternativas cumplen este criterio.

Condenar el uso del suelo: la ocupación de suelo de la alternativa 1, cuyo uso es destinado a Servicios de Interés Público y Social según el PGOU, supondría la imposibilidad de que fuera utilizado para otros fines en un futuro. En cambio, el suelo ocupado por la alternativa 2 solo tiene la finalidad de separar físicamente los sentidos del tráfico y de permitir los distintos movimientos, por lo que, además de seguir cumpliendo dicha función, se le dotaría de un nuevo uso.

Ampliaciones futuras: es recomendable tener en cuenta la posibilidad de realizar modificaciones futuras. La alternativa 1 se asienta sobre una parcela de gran tamaño que permitiría realizar ampliaciones en caso de que fueran necesarias. Sin embargo, la alternativa 2 se ubica en un espacio limitado por los viales, por lo que no se podría ampliar el suelo ocupado por el área intermodal. En este último caso, sólo se podrían reordenar las dársenas para acoger un mayor número de líneas si fuera posible. Sin embargo, aunque la alternativa 2 no permita realizar ampliaciones, si permite que se lleven a cabo otras ordenaciones de tráfico.

Total de líneas que pueden acceder al área intermodal: debido a la ubicación de los accesos al área intermodal en la alternativa 1, sólo pueden acceder las líneas interurbanas. Sin embargo, en la alternativa 2 se podría estudiar la posibilidad de que accedieran también las líneas urbanas.

Disponibilidad de servicios: es muy importante la prestación de servicios complementarios que den un valor añadido al uso del intercambiador como son los puntos de información y de venta de billetes, paradas de bicicletas, etc. El hecho de que la alternativa 1 conste de dos áreas separadas entre ellas requiere la duplicación de dichos servicios que ocasiona la elevación de los costes.

Modificaciones en la trayectoria de los autobuses: en ambas alternativas apenas se modifica la trayectoria de las líneas que dan servicio en el área de estudio.

A continuación se presenta la valoración de cada indicador según si supone un impacto negativo o positivo en el diseño del área intermodal. Para ello, se han utilizado 5 posibles valoraciones representadas mediante varios colores.

Tabla 12: Valoración De los indicadores

	Alternativa 1	Alternativa 2
Facilidad transbordo		
Satisfacción del usuario		
Seguridad peatones		
Espacio disponible		
Condenar uso suelo		
Ampliaciones futuras		
Líneas que acceden		
Disponibilidad de servicios		
Modificación trayectoria bus		

muy positivo	positivo	regular	negativo	muy negativo

Tras este análisis subjetivo parece obvio que la mejor solución es la alternativa 2. Sin embargo, también es necesario analizar las incidencias que cada alternativa ocasiona sobre el tráfico. Para ello, se analizan los resultados obtenidos en las microsimulaciones explicadas en el anexo II “Modelo microscópico de transporte público”

A partir de los resultados de la microsimulación de la alternativa 1 y teniendo en cuenta que el software presenta ciertas limitaciones, se puede concluir que este escenario no es viable pues necesita una reordenación del tráfico previa, la cual no entra en los objetivos de este proyecto. Una vez que la ordenación se llevara a cabo, esta alternativa podría implantarse y se trataría de una opción conservadora puesto que el impacto sobre el tráfico es mínimo. Por lo tanto, este escenario quedaría condicionado por la reordenación llevada a cabo por el Ayuntamiento.

A diferencia del caso anterior, la alternativa 2 es viable porque la geometría propuesta, además de simplificar los movimientos en el nodo, reduce el problema de congestión. Con esta propuesta se está dando una solución al nodo donde el transporte público queda totalmente integrado.

Por lo tanto, a partir de los criterios anteriores y de las valoraciones extraídas de las microsimulaciones, se considera que la alternativa 2 es la solución óptima.

3.3.4 PROPUESTA DE ACTUACIÓN

En primer lugar, hay que indicar que el área de estudio se sitúa en un nodo de gran importancia para la ciudad, al ser una de las principales conexiones de la zona centro de Sevilla con los municipios situados al Oeste en dirección Huelva y con la Cartuja de Sevilla. Esta circunstancia, sumado al efecto barrera que supone el río Guadalquivir, hace que existan pocas alternativas y que la mayoría de las vías que cruzan el Guadalquivir presenten unos niveles de congestión elevados en los periodos de hora punta.

La reordenación que se propone en este proyecto no resuelve los problemas de tráfico debidos al exceso de demanda, pero sí supone una mejora respecto a los que se generarían si no se llevase a cabo ninguna actuación. Teniendo en cuenta que el objetivo principal del proyecto se centra en la intermodalidad del transporte público en la zona, se puede considerar que la propuesta tiene un valor extraordinario al plantearse como una mejora integral de la movilidad en el área de estudio, incluyendo la del transporte privado, peatonal y ciclista.



Figura 85: Diseño de la alternativa elegida

4 DISEÑO DEL ÁREA INTERMODAL

4.1 DISEÑO DE LAS DÁRSENAS

4.1.1 CÁLCULO DE LAS POSICIONES DE REGULACIÓN

Según el Estudio de Áreas Intermodales de superficie en Madrid para el transporte público colectivo 2008, se entiende por “posición” dentro de un área intermodal al espacio susceptible de ser ocupado por un autobús. Este espacio puede tener los siguientes usos:

- Dársena: si la parada es exclusiva de cada línea para subida y bajada de viajeros.
- Parada de descenso: si la parada es exclusiva para la bajada de viajeros de cualquiera de las líneas del área intermodal. Esta parada será utilizada por aquellos autobuses que no puedan acceder a su dársena al estar ocupada por otro autobús de la misma línea.
- Posición de espera: espacio destinado a la regulación de los autobuses de cualquiera de las líneas del área intermodal.

Para el cálculo del número de posiciones básicas que deberá tener el área intermodal se utiliza el procedimiento establecido en Estudio de Áreas Intermodales del Consorcio de Transporte de Madrid.

El primer paso del procedimiento consiste en asignar a cada línea de autobús un rango en función del intervalo de paso de cada línea, al que se conoce como “I”. El intervalo de paso de la línea es la frecuencia de la misma medida en minutos. El rango se asigna conforme a la siguiente expresión:

ESTABLECIMIENTO DE RANGOS SEGÚN EL INTERVALOS DE LAS LÍNEAS

Se le denomina “I” al intervalo de paso de la línea, expresado en minutos.

Rango 1: $I \leq 5 \text{ min}$ (entre 0 y 5 minutos)

Rango 2: $5 \text{ min} < I \leq 10 \text{ min}$ (entre 6 y 10 min)

Rango 3: $10 \text{ min} < I$ (mayor de 10 min)

Figura 86: Rangos establecidos por el consorcio de Transportes de Madrid

Sólo se tendrán en cuenta los rangos de los autobuses interurbanos debido a que los autobuses urbanos no tienen acceso al área intermodal.

A continuación se muestra una tabla en la que se expresan los intervalos de cada línea y el rango que le corresponde.

Tabla 13: Rango de cada línea interurbana

Línea	Intervalo (min)	Rango
M-141	75	3
M-142 B	65	3
M-154	30	3
M-155	65	3
M-157	120	3
M-158	60	3
M-159	30	3
M-160	20	3
M-161	20	3
M-163	25	3
M-165	90	3
M-166	60	3
M-167	75	3
M-168	35	3
M-169	75	3
M-170A	20	3
M-170B	120	3
M-174	90	3
M-175	20	3
M-176	45	3
M-177	45	3

Una vez asignado el rango de todas las líneas interurbanas se calcula el número de líneas de cada rango n_i :

$$n_3=21$$

El siguiente paso consiste en calcular el número de posiciones necesarias p_i según el siguiente procedimiento propuesto por el documento del Estudio de Áreas Intermodales.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE POSICIONES SEGÚN EL RANGO

Se le denomina " n_i " al número de líneas de rango " i ", donde $i= 1, 2, 3$.

Se le denomina " p_i " al número de posiciones de rango " i ", donde $i= 1, 2, 3$.

• Cálculo del número de posiciones para las líneas de rango 1:

Si $n_1 \leq 2$ _____ n° de posiciones $p_1 = n_1 + 1$
 Si $2 < n_1 \leq 5$ _____ n° de posiciones $p_1 = n_1 + 2$

• **Cálculo del número de posiciones para las líneas de rango 2:**

Si	$n_2 \leq 3$	_____	nº de posiciones $p_2 = n_2$
Si	$3 < n_2 \leq 5$	_____	nº de posiciones $p_2 = n_2 + 1$
Si	$5 < n_2$	_____	nº de posiciones $p_2 = n_2 + 2$

• **Cálculo del número de posiciones para las líneas de rango 3:**

Si	$n_3 \leq 4$	_____	nº de posiciones $p_3 = n_3$
Si	$4 < n_3 \leq 6$	_____	nº de posiciones $p_3 = n_3 + 1$
Si	$6 < n_3$	_____	nº de posiciones $p_3 = n_3 + 2$

• **Cálculo adicional**

Si	$n_1 + n_2 + n_3 \geq 5$	_____	nº de posiciones $p = p_1 + p_2 + p_3 + 1$
----	--------------------------	-------	--

Figura 87: Cálculo del número de posiciones según el rango

Puesto que todas las líneas realizan parada en el trayecto de ida y en el trayecto de vuelta según el procedimiento son necesarias 23 posiciones en cada sentido para el correcto funcionamiento del área intermodal. Sin embargo, el espacio disponible no permite ubicar dicho número de paradas, por lo que es necesario agrupar varias líneas en una posición.

A continuación se desarrolla un método probabilístico que permite calcular el mínimo número de posiciones que son requeridas para el diseño del área intermodal.

4.1.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÍNIMO DE ESPACIOS

Para estimar el número de espacios necesarios en el área intermodal se ha seguido la metodología que ofrece el Instituto Mexicano de Transporte en el documento “Determinación del número de espacios en una terminal de pasajeros”.

El texto hace hincapié en que la llegada de los autobuses a la terminal es aleatoria, ya que no se conoce con exactitud en qué momento llega cada autobús debido a los siguientes factores:

- Los autobuses parten de distintos orígenes
- Las condiciones de circulación varían de unas vías a otras
- La forma particular con la que es conducido cada autobús

Por lo tanto, el único dato fiable es el número de autobuses que llegan al área intermodal en una hora.

Cuando un autobús llega al intercambiador tiene dos opciones: que encuentre espacio disponible para alojarse o que el espacio se encuentre ocupado y, por lo tanto, tenga que esperar. Además todos los autobuses tienen la misma probabilidad de encontrar o no espacio disponible.

Por lo expuesto anteriormente, se recomienda para resolver la determinación del número de espacios en una terminal utilizar el modelo de Distribución Binomial pues es un conjunto de ensayos de Bernoulli, los cuales se definen como “ensayos repetidos en los que sólo hay dos resultados posibles y las probabilidades de los resultados permanecen iguales en todos los ensayos”.

De este modo, la distribución Binomial se define como “un conjunto de ensayos de Bernoulli que se emplea como densidad de probabilidades de variables aleatorias discretas asociadas a experimentos en los que sólo hay dos resultados posibles, uno de los cuales generalmente se denomina *éxito* y el otro *fracaso*”.

El hecho de que sólo haya dos resultados posibles establece que la suma de sus probabilidades de *éxitos* “p” y de *fracasos* “q” sea igual a la unidad:

$$p + q = 1$$

La probabilidad de que se obtengan exactamente “k” número de éxitos, con “n” número de ensayos, para una probabilidad “p” de un éxito es la siguiente:

Ecuación 1: Cálculo de la probabilidad de que se obtengan exactamente “k” número de éxitos, con “n” número de ensayos, para una probabilidad “p” de un éxito

$$B(k; n; p) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$$

Donde:

$$\binom{n}{k} = \text{Coeficiente Binomial} = \frac{n!}{k! (n-k)!}$$

El éxito se refiere exclusivamente a uno de los resultados esperados.

La función de distribución acumulativa de una variable binomial como la de cualquier variable aleatoria discreta da la probabilidad de obtener “x” éxitos o menos en “n” ensayos, con $x \leq n$, y se obtiene sumando las probabilidades individuales para todos los valores binomiales iguales o menores que “x”. Es decir:

$$\text{Nivel de confianza} = B(k; n; p) = P(k \leq x) = \sum_{k=0}^x B(x; n; p)$$

Ecuación 2: Ecuación binomial aplicada a una terminal de autobuses

$$B(k; n; p) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$$

Donde:

k = Número de espacios disponibles (dársenas)

n = Número de autobuses/hora que llegan a la terminal

p = probabilidad de ascenso y/o descenso de pasajeros

$p = \frac{\text{Tiempo promedio de autobuses en parada (min)}}{60}$

Nota: el valor de 60 es el número de minutos en una hora cuando el numerador está en minutos.

Se considera *éxito* cuando un autobús encuentra un espacio y un *fracaso* en caso contrario.

Para el problema de una terminal de autobuses se necesitan dos de los siguientes datos:

- Número de autobuses que acceden a la terminal en una hora.
- Tiempo promedio que permanecen los autobuses en las dársenas para realizar el intercambio de pasajeros.
- Número de espacios disponibles.

El dato que es incógnita será calculado a partir de los otros datos conocidos. En nuestro caso el número de espacios disponibles (k) es la incógnita.

Solución del problema:

A partir de la intensidad horaria de las líneas de autobuses interurbanos, mostradas en el apartado 6 de este proyecto, conocemos que el número máximo de autobuses que acceden al área intermodal en una hora es 32. Se consideran un conjunto de 32 ensayos de Bernoulli, con probabilidad p .

$$n = 32 \text{ autobuses/h}$$

Suponemos que el tiempo que están los autobuses en parada para que los pasajeros suban y bajen es de 1 minuto.

$$p = \frac{1}{60} \rightarrow q = 1 - \frac{1}{60} = \frac{59}{60}$$

Por tanto, la probabilidad de que exactamente k autobuses encuentren un espacio para realizar el intercambio de pasajeros en ese momento es:

$$B(k; 32; \frac{1}{60}) = \binom{32}{k} \left(\frac{1}{60}\right)^k \left(\frac{59}{60}\right)^{32-k}$$

El documento indica que es recomendable alcanzar un Nivel de Confianza superior al 95% para que el área intermodal funcione correctamente evitando la formación de colas.

Si x es el número de autobuses que llegan $P(x \leq k) > 0.95$

Si resolvemos para distintos valores de “ k ” obtenemos:

Tabla 14: Cálculo de la probabilidad y del nivel de confianza en función del número de espacios

valor k	$B(k; 32; 1/60)$	Nivel de confianza = ΣB
$k = 0$	0,584	0,584
$k = 1$	0,3168	0,9008
$k = 2$	0,08	0,9808
$K = 3$	0,014	0,9948

El resultado obtenido para $k=2$ es válido pero se ha continuado el cálculo para obtener un nivel de confianza mayor puesto que hay espacio suficiente para tres dársenas en el área intermodal.

Por tanto, con un 99% de nivel de confianza y con 3 posiciones será suficiente para que 32 autobuses/hora puedan acceder al área intermodal y encontrar espacio libre para realizar el intercambio de pasajeros.

4.1.3 DISPOSICIÓN DE LAS DÁRSENAS

El espacio disponible del área intermodal permite ubicar más de 3 posiciones para líneas interurbanas en cada sentido de circulación. Se ha optado por utilizar dársenas de dos posiciones en las que dos autobuses pueden estacionar simultáneamente evitando problemas de concurrencia. Esta disposición permite también que un mayor número de líneas utilicen una misma dársena con el fin de aumentar las posibilidades de elección de los usuarios, aspecto que cobra gran importancia para las líneas que circulan en sentido Este-Oeste.

Además, en el sentido de circulación Oeste-Este se ha ubicado también una dársena de una única posición debido a que el espacio en este sentido es de mayor tamaño.

Por tanto, respetando los espacios necesarios para el cruce de peatones y las zonas de giro la disposición de las dársenas es la siguiente:

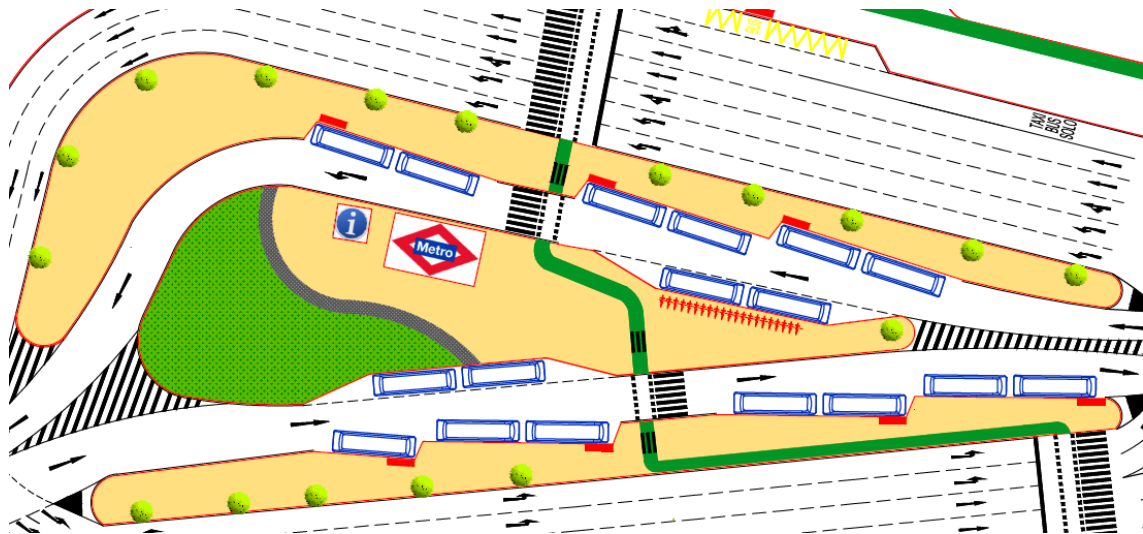


Figura 88: Disposición de las dársenas

Según se observa en la imagen, se han habilitado cuatro posiciones de espera, dos en cada sentido, en la pastilla central aprovechando el espacio disponible. Por lo tanto, en cada sentido se tienen en total el siguiente número de posiciones:

- Sentido Este-Oeste:
 - 3 dársenas compartidas
 - Zona de espera con dos posiciones
 - Total: 8 posiciones
- Sentido Oeste-Este:
 - 3 dársenas compartidas
 - Zona de espera con dos posiciones
 - 1 Dársena simple
 - Total: 9 posiciones

Para la organización de las líneas en las dársenas se ha tratado de agrupar aquellas que dan servicio a los mismos municipios, de forma que, el usuario pueda escoger entre varias líneas para ir a su destino. De este modo se reduce el tiempo en parada del usuario. A pesar de que este criterio no es necesario para las líneas en sentido Oeste-Este porque se dirigen hacia la estación Plaza de Armas y no hacía los municipios, se ha decidido tomar la misma organización de líneas en los dos sentidos de circulación.

Para ello, se ha elaborado una tabla de doble entrada en el que se enfrentan las líneas interurbanas con los municipios y se han marcado las casillas en amarillo cuando una línea tiene parada en el municipio que le corresponde. Esto ha permitido agrupar las líneas en tres grupos tratando de que compartan el mayor número de destinos.

A continuación, para simplificar los resultados se presentan los tres grupos que se han formado mostrando sólo los destinos que comparten al menos dos líneas del mismo grupo.

Tabla 15: Grupos de líneas interurbanas que comparten destinos

GRUPO 1								
LÍNEAS	Coria del Río	San J. Aznalf.	Camas	Mairena Alj.	Tomares	Bollullos	Bormujos	Castilleja C.
M-141								
M-142B								
M-154								
M1-155								
M-157								
M-158								
M-159								
M-160								
M-161								

GRUPO 2						
LÍNEAS	Camas	Bormujos	Castilleja C.	Gines	Sanlúcar M.	Espartinas
M-163						
M-165						
M-166						
M-167						
M-168						
M-169						

GRUPO 3					
LÍNEAS	Camas	Gines	Valencina	Santiponce	Salteras
M-170 A					
M-170 B					
M-174					
M-175					
M-176					
M-177					

Se ha comprobado que cada grupo está formado por líneas que presentan frecuencias tanto altas como bajas, por lo que se disminuye la probabilidad de que coincidan dichas líneas en el área intermodal.

La dársena simple del sentido Oeste-Este se reserva únicamente para una línea porque no cuenta con espacio para esperar en caso de que coincidieran dos autobuses. Se ha optado por ubicar en esa dársena la línea M-160 para reducir el “grupo 1” y porque es la línea que más viajes realiza dentro de ese grupo, con un total de 50 viajes al día y una frecuencia de 20 minutos.

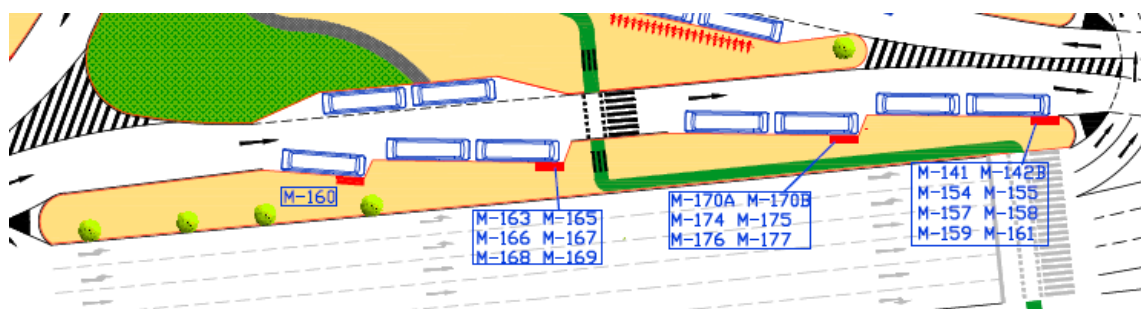


Figura 89: Disposición de las dársenas en sentido Oeste-Este

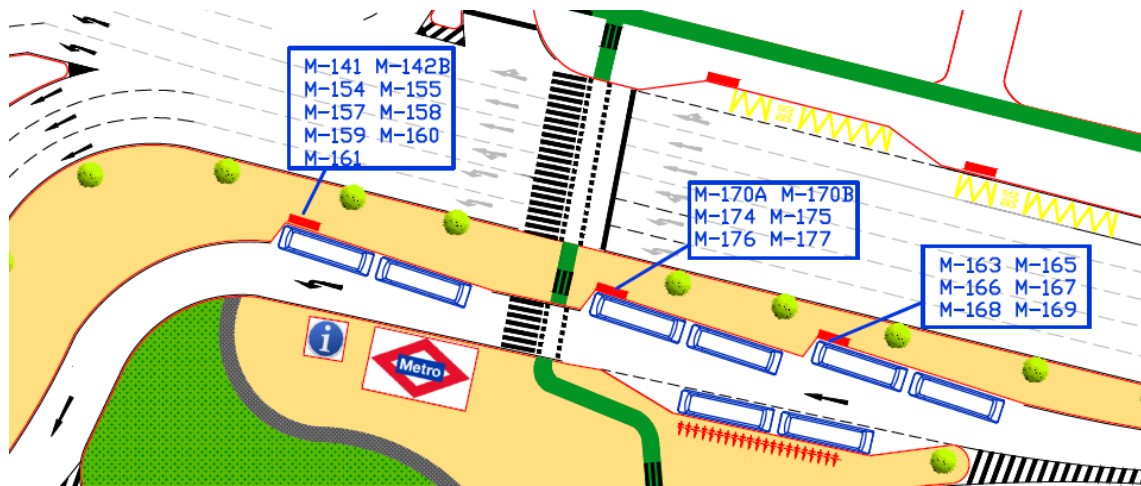


Figura 90: Disposición de las dársenas en sentido Este-Oeste

En cuanto a las posiciones de las líneas urbanas ubicadas fuera del área intermodal principal, se han llevado a cabo algunas modificaciones respecto a su posición en el escenario previo.

Comenzando por las paradas de autobuses ubicadas a la salida del Puente Cristo de la Expiración, según se observa en la siguiente imagen se mantiene el carril reservado. Sin embargo se elimina una de las tres dársenas que había, pues estaba destinada para las líneas interurbanas. La primera parada corresponde a las líneas 6 y 43 y se trata de una parada de paso para ambas, motivo por el que se puede colocar una única dársena. El carril reservado tiene una longitud suficiente para permitir la espera de otro autobús.

A las paradas de paso también se les conoce como paradas eventuales que según el Reglamento para la Prestación de Servicios de Tussam son “aquellas en las que el vehículo tan sólo se estacionará cuando el usuario haya solicitado bajarse del vehículo pulsando el timbre, o cuando el conductor observe que las personas situadas en los puntos de parada solicitan subir al vehículo alzando la mano, si el citado vehículo no está cubierto en su capacidad.”

La parada de la línea 5 se ubica fuera de los carriles de circulación y se trata de una parada de cabecera en la que los autobuses pueden llevar a cabo la regulación. Esta parada es considerada terminal de línea, concepto definido en el Reglamento para la Prestación de Servicios de Tussam como “aquellas paradas que marcan el comienzo y final del recorrido. Todas serán de parada obligatoria y servirán de regulación de horarios. En ellas habrá de quedar el vehículo totalmente vacío de público. En estas paradas se indicará su carácter de final.”

Las paradas de regulación se definen en el Reglamento como “aquellas que, sin constituir terminal de línea, sirven para regular el horario. En ellas el autobús puede detenerse a efectos de regulación, pero no ha de quedar vacío de público el vehículo, toda vez que no se interrumpe el recorrido a realizar por el usuario.”

Los autobuses pasan más tiempo en las paradas de regulación que en las paradas de paso, motivo por el que se ha decidido ubicar la posición de la línea 5 fuera del carril de circulación para permitir la circulación de las líneas 6 y 43 tras realizar sus paradas de paso.

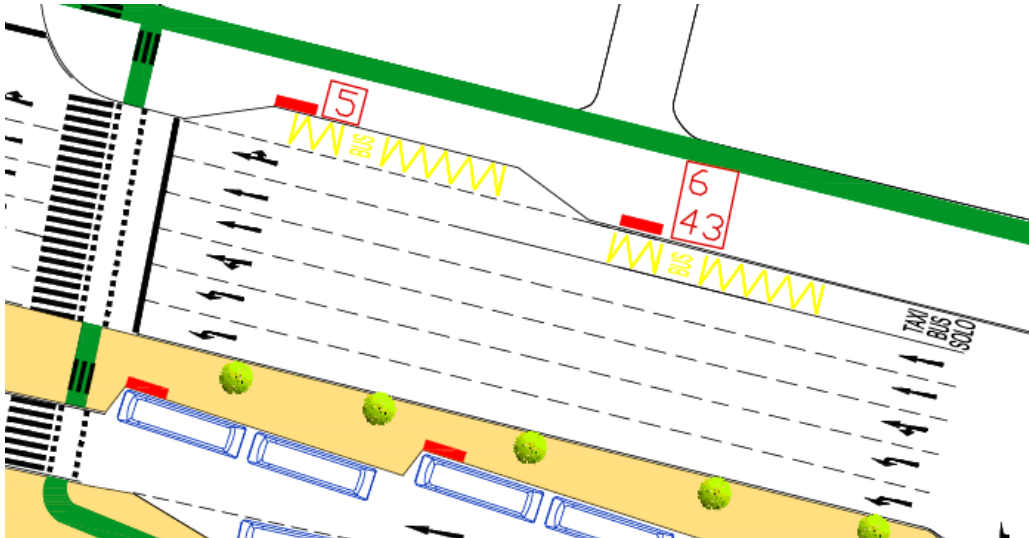


Figura 91: Disposición de las dársenas de las líneas 5, 6 y 43

Las dársenas de las líneas 5, 6 y 43 no se han ubicado próximas a la dársena de la línea C1 debido a que se dirigen hacia Ronda de Triana y necesitan espacio suficiente para incorporarse a los carriles correspondientes. Dicho espacio está representado en la siguiente imagen por la línea roja.

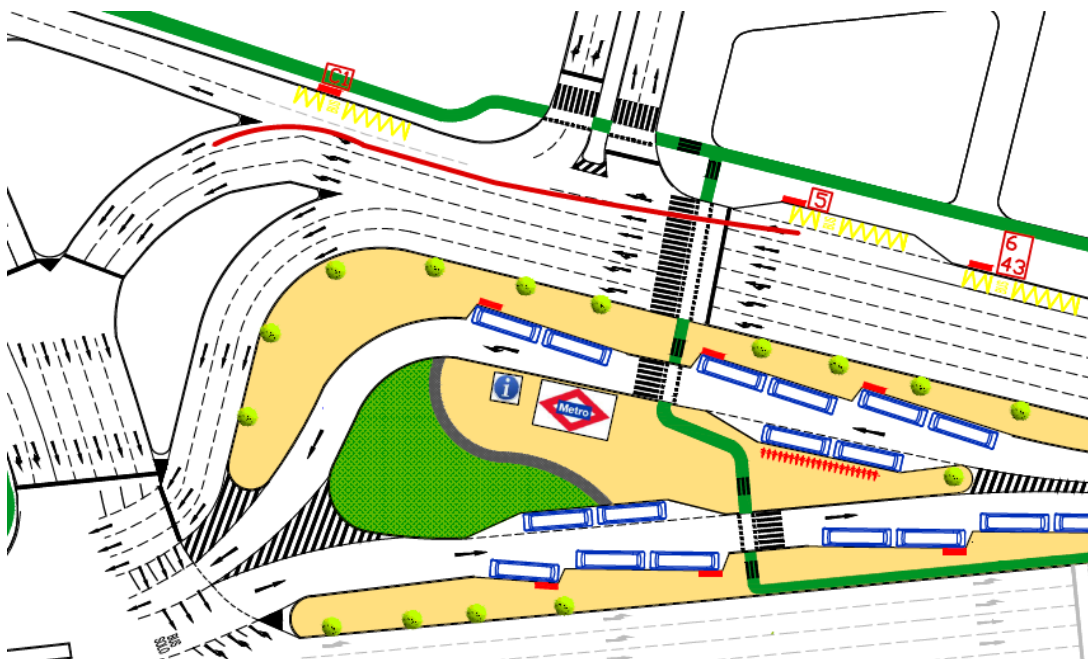


Figura 92: Ubicación de las dársenas 5, 6 y 43 en el área de estudio

La parada correspondiente a la línea C1 se ubica próxima a la Torre Pelli, en el mismo espacio que en el escenario previo. Sin embargo, se ha eliminado el carril reservado pues en este nuevo escenario sólo realiza parada en esa ubicación la línea C1, y por lo tanto, es innecesario. Se trata de una parada de paso que invade el carril de circulación.

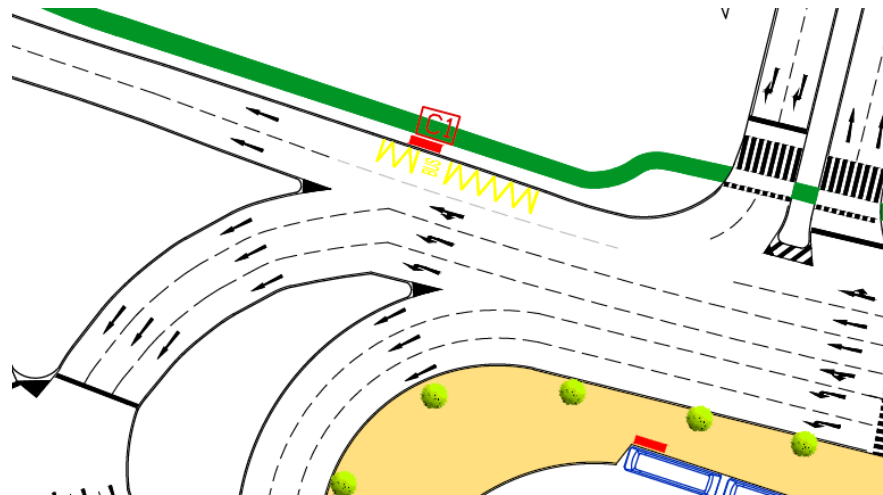


Figura 93: Disposición de la dársena de la línea C1

Al igual que en el caso anterior, la parada correspondiente a la línea C2 se ubica en el mismo espacio que en el escenario previo y se trata de una parada de paso que invade el carril de circulación.

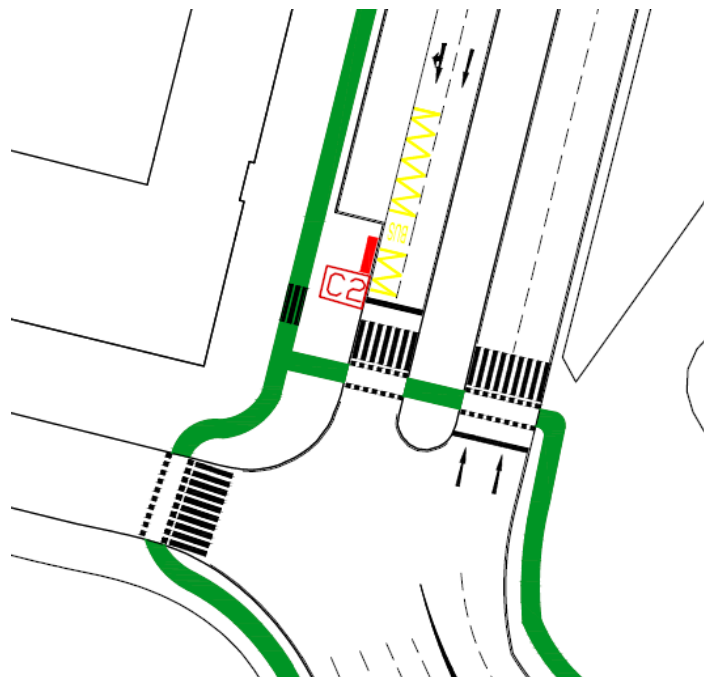


Figura 94: Disposición de la dársena de la línea C2

Esta parada es la más lejana al área intermodal debido a que las fases semafóricas del nuevo escenario no permiten el cruce de peatones al Oeste de la zona de estudio. Se encuentra a 240 metros de la pastilla central en la que se encuentra la parada de metro, distancia representada mediante la línea roja en la siguiente imagen.

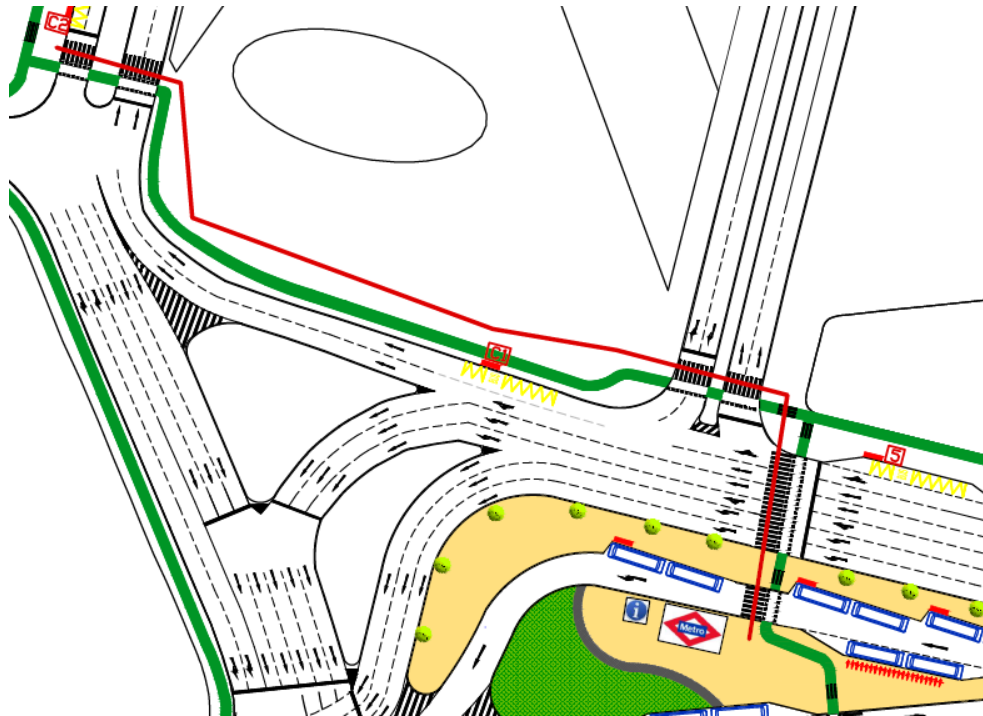


Figura 95: Ubicación de la dársena C2 en el área de estudio

La parada correspondiente a la línea 6 en dirección hacia el puente también mantiene su ubicación respecto del escenario previo. Se trata de una parada de paso que se ubica en el tramo formado por seis carriles invadiendo el carril de la derecha.

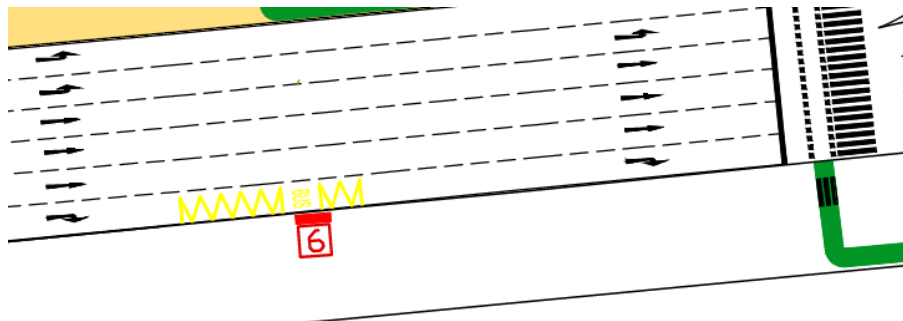


Figura 96: Disposición de la dársena de la línea 6

La posición correspondiente a la línea C3 se sitúa en la calle Plaza Chapina en la que sólo realiza parada dicha línea. Para la bajada y subida de pasajeros el autobús estaciona sobre el carril derecho de circulación. Los usuarios que quieran ir desde ella hasta la pastilla central donde se encuentra el metro tienen que caminar 200 metros aproximadamente.

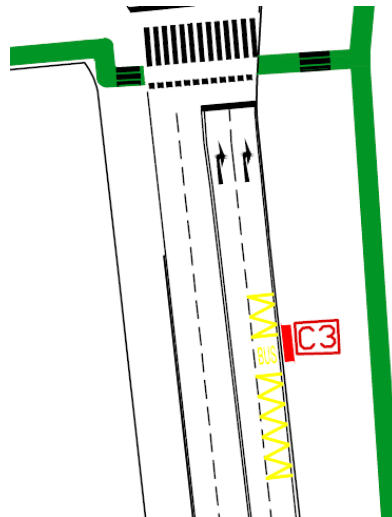


Figura 97: Disposición de la dársena de la línea C3

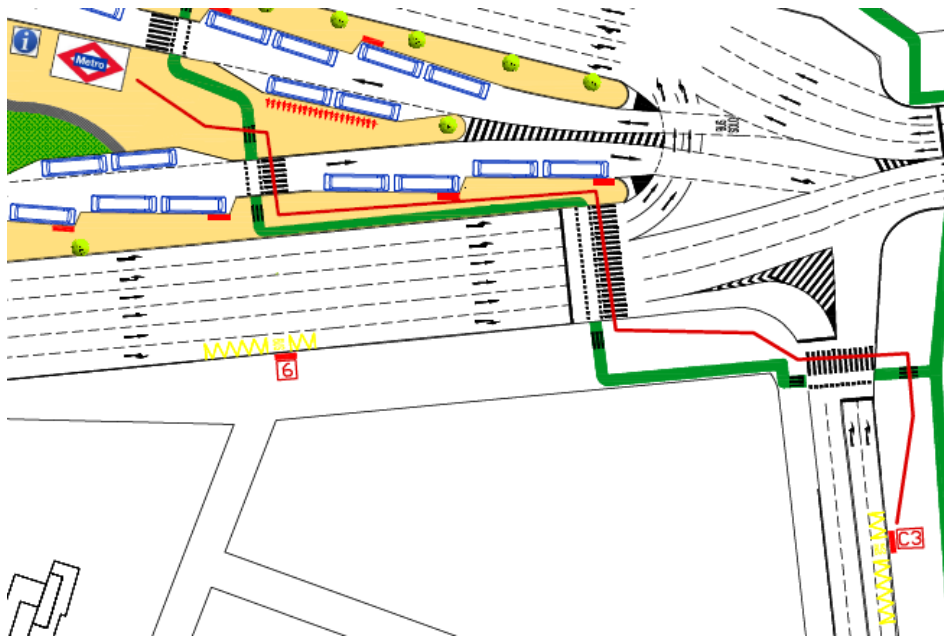


Figura 98: Ubicación de la dársena de la línea C3 en el área de estudio

4.1.4 LONGITUD DE BORDILLO

Para las dársenas interurbanas se ha optado por una disposición del tipo diente de sierra porque esta solución hace posible que no sea necesario realizar maniobras ni al entrar ni al salir y ocupa el menor espacio posible.

A continuación se muestran las dimensiones de las dársenas de tipo diente de sierra recomendadas por el Consorcio de Transportes de Madrid mediante el documento “Estudio de las Áreas Intermodales de Madrid”.

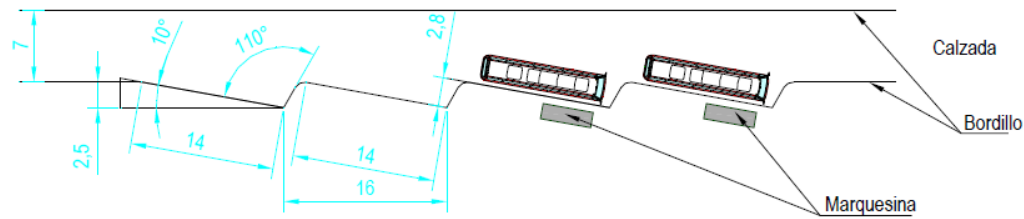


Figura 99: Conjunto de terminales de líneas con dotación de autobuses de 12 metros, previsto para que no haya coincidencia de autobuses en la misma línea

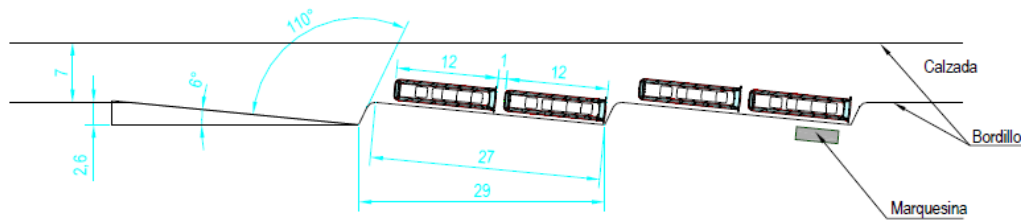


Figura 100: Conjunto de terminales de líneas con dotación de autobuses de 12 metros previsto para que haya coincidencia de dos autobuses en la misma dársena

Para las posiciones de espera se han seguido las recomendaciones presentadas en la “Instrucción de Vía Pública” elaborada por el Ayuntamiento de Madrid en diciembre del año 2000. A pesar de que la figura presenta una parada de subida y bajada, se han tomado dichas dimensiones para las posiciones de espera puesto que tienen la misma disposición.

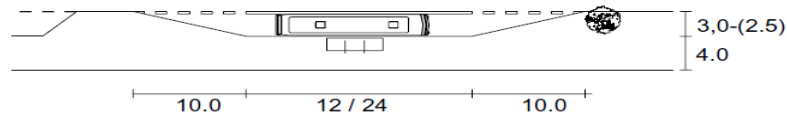


Figura 101: Dimensiones de las posiciones de espera recomendadas en la “Instrucción de Vía Pública”

Se han diseñado con un ancho de 3.5 metros para evitar que los autobuses invadan el carril de circulación. Se han respetado los 10 metros en los extremos para asegurar una correcta entrada y salida del área de espera sin necesidad de realizar maniobras. Se ha optado por una longitud de 25.5 metros de para que puedan estacionar dos autobuses separados entre ellos por 1 metro de distancia.

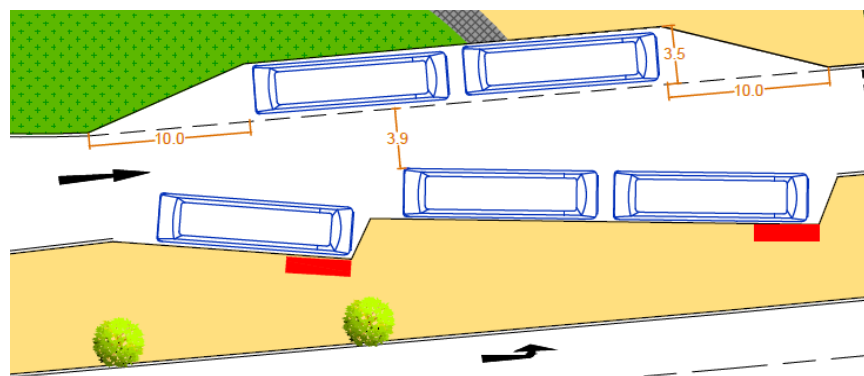


Figura 102: Acotación de las posiciones de espera

En cuanto a las paradas situadas fuera del área intermodal se han diseñado según: los tipos de autobuses que realizan parada en ellas, la posible concurrencia entre líneas y el entorno físico en el que se ubican. A continuación analizamos cada una de ellas.

Comenzamos por la dársena compartida por las líneas 6 y 43 con una tipología de parada en el borde de la acera en un carril exclusivo de circulación. La línea 6 está formada por autobuses articulados de 17 metros de longitud, mientras que la línea 43 consta de autobuses de 12 metros. La longitud del carril reservado permite tener una longitud de bordillo suficiente para que paren incluso dos autobuses articulados en caso de que coincidieran.

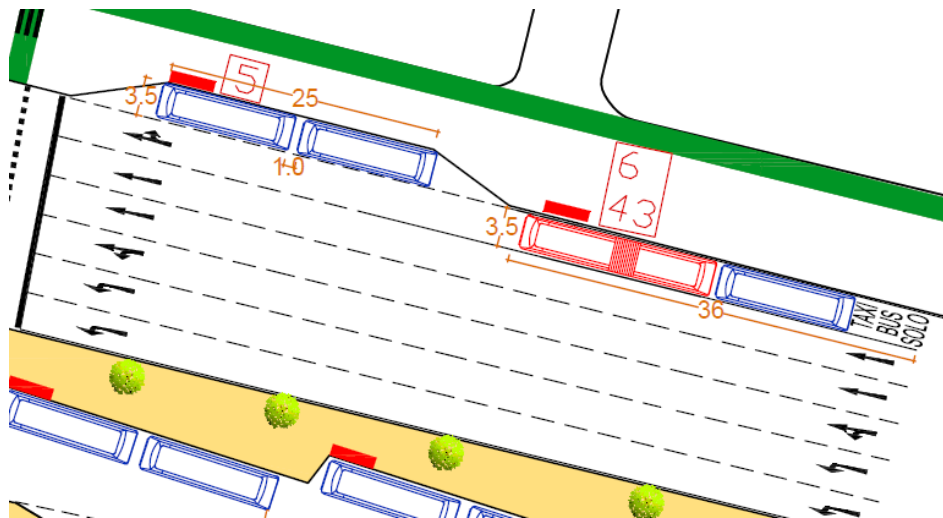


Figura 103: Acotación de las dársenas de las líneas 5, 6 y 43

Como se observa en la imagen superior, la dársena correspondiente a la línea 5 consta de una longitud de bordillo suficiente para que puedan estacionar dos autobuses de 12 metros, que son los utilizados en la línea 5, además de una separación de 1 metro entre ellos. El ancho de la dársena es también de 3,5 metros.

La parada de la línea C1 ubicada bajo la Torre Pelli presenta una tipología de parada en el borde de la acera con estacionamiento del autobús ocupando un carril de circulación. Esta línea se caracteriza por ser una línea de alta frecuencia, con periodos de paso de 5 minutos, por lo que la longitud de bordillo tiene que ser suficiente para que puedan parar dos autobuses de tipo articulado.

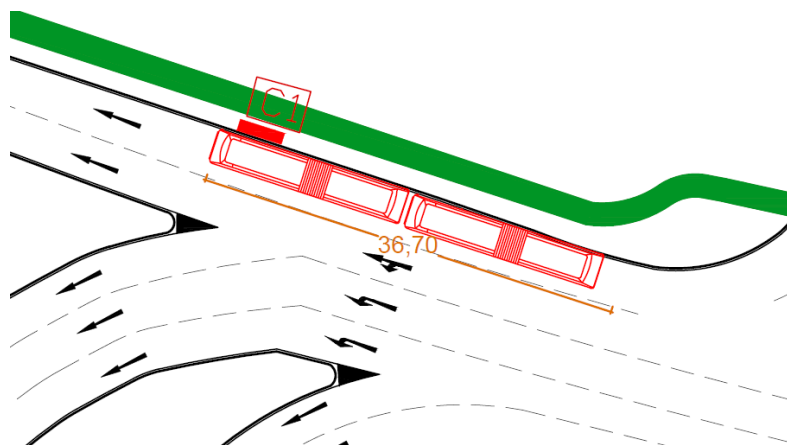


Figura 104: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C1

La dársena de la línea C2 también es de tipología de parada en el borde de la acera con estacionamiento del autobús ocupando un carril de circulación. En esta parada estacionan autobuses articulados de 17

metros de longitud. El entorno presenta limitaciones puesto que la marquesina se sitúa entre la línea de detención del semáforo y una banda de estacionamiento. Sin embargo, la longitud de bordillo es suficiente para llevar a cabo las subidas y bajas de pasajeros y para que éstos puedan esperar en la marquesina de forma segura.

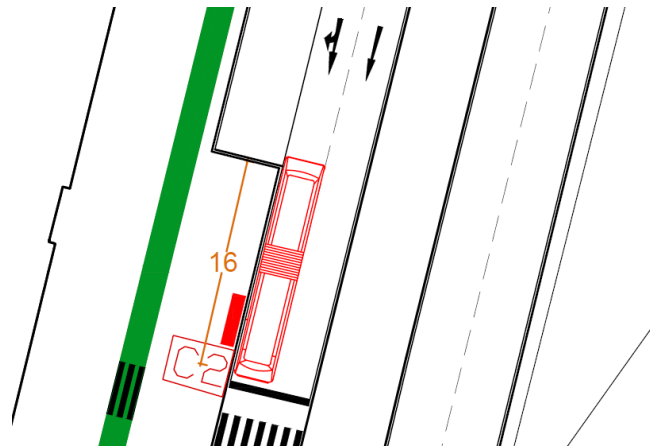


Figura 105: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C2

Al igual que el caso anterior, la dársena correspondiente a la línea 6 en sentido hacia el puente es de tipología de parada en el borde de la acera con estacionamiento del autobús ocupando un carril de circulación. Los autobuses son articulados con una frecuencia de paso de 8 minutos. No existen limitaciones de espacio en cuanto a la longitud de bordillo, por lo que los autobuses pueden parar sin problemas. El hecho de que sea una parada de paso conlleva a que el tiempo en parada sea muy breve y que, por lo tanto, apenas se afecte al transporte privado.

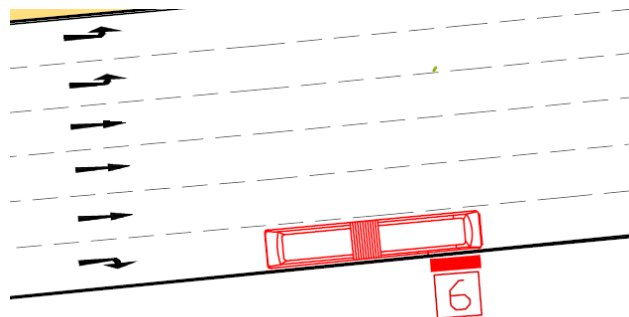


Figura 106: Longitud de bordillo de la dársena de la línea 6

Por último, hay que considerar la parada correspondiente a la línea C3 ubicada en la calle Plaza Chapina. Se trata de una parada en el borde de la acera con estacionamiento del autobús en un carril de circulación. Esta línea emplea autobuses de 12 metros y tiene una frecuencia alta con periodos de paso de 5 minutos. El entorno presenta limitaciones puesto que la marquesina se sitúa entre dos bandas de estacionamiento. Sin embargo, la longitud de bordillo es de 14 metros, suficiente para que las subidas, bajadas y esperas de los pasajeros se puedan llevar a cabo de forma segura y cómoda.

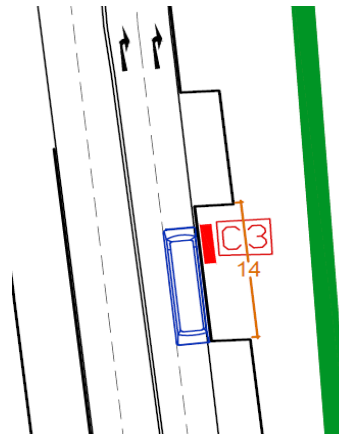


Figura 107: Longitud de bordillo de la dársena de la línea C3

4.2 DEFINICIÓN DE LOS ACCESOS

4.2.1 ACCESO Y SALIDA DE LA ZONA PRINCIPAL DEL ÁREA INTERMODAL

El acceso y la salida de la zona principal del área intermodal se han diseñado respetando los dos sentidos de circulación principales de las líneas interurbanas. Existe una entrada y salida habilitada para los autobuses que se dirigen hacia el puente Cristo de la Expiración, y otra entrada y salida correspondiente para aquellos que salen del puente y se dirigen hacia Huelva. De este modo, evitando que ambos flujos confluyan en el interior del área intermodal, se simplifica la circulación interior.

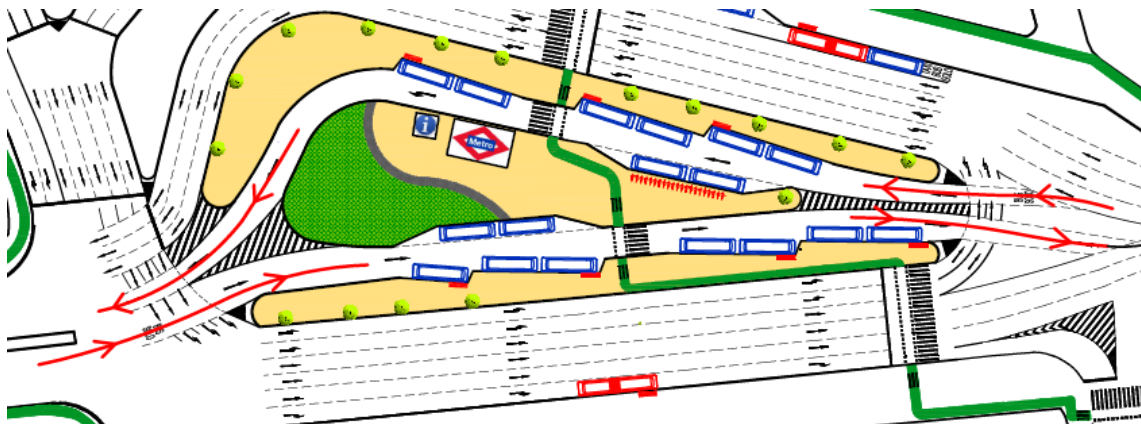


Figura 108: Entradas y salidas del área intermodal

Las entradas y salidas se llevan a cabo mediante la regulación semafórica de los principales flujos de circulación.

En el anexo “Ordenación del tráfico en el área de estudio” se detallarán las modificaciones sobre el viario, la regulación semafórica y la señalización vertical y horizontal que se han implantado en el nuevo escenario.

4.2.2 ITINERARIOS PEATONALES

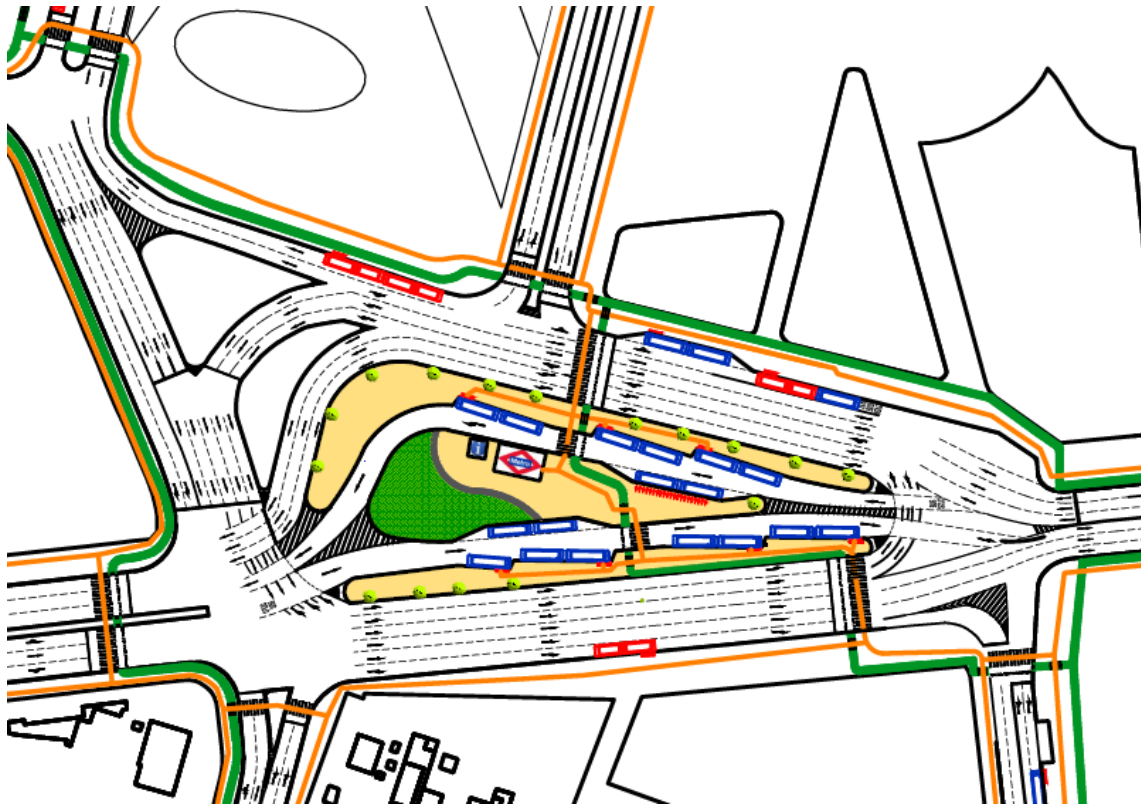


Figura 109: Itinerarios peatonales en el área de estudio

Los itinerarios que realizan los viajeros dentro del área intermodal para ir de una parada a otra o cambiar de modo de transporte han sido diseñados con el fin de que sean cómodos y seguros para los usuarios. Para ello, se ha tratado de reducir las distancias entre paradas acercándolas lo máximo posible al paso de peatones que permite el acceso a la pastilla central. Dicho paso de peatones se ha ubicado en el centro, entre las paradas de autobuses, para disminuir las distancias de transbordo. Este criterio también se ha seguido a la hora de ubicar la parada de Metro y el punto de información. Ambos se encuentran próximos a los pasos de peatones que dan acceso a la pastilla.

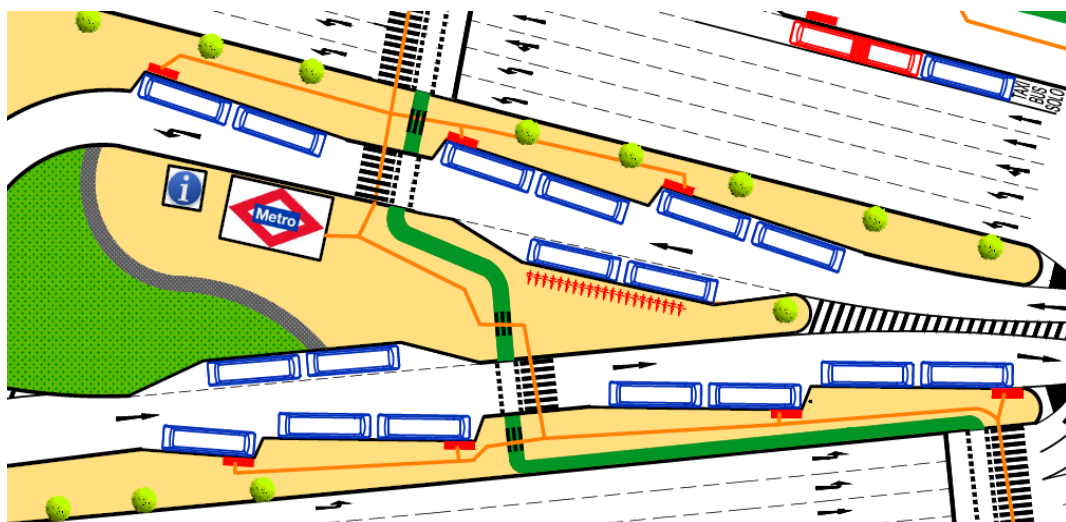


Figura 110: Itinerarios peatonales en el área intermodal

Los itinerarios peatonales de acceso al área intermodal se realizan mediante los pasos de peatones ubicados en la zona norte y sur del área intermodal.

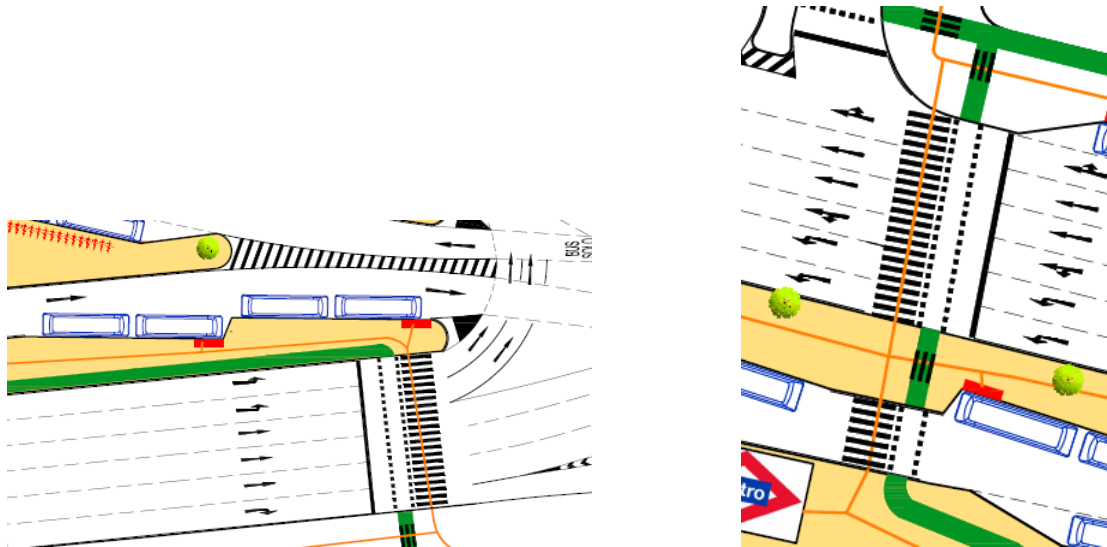


Figura 111: Accesos peatonales al área intermodal mediante pasos de peatones

4.2.3 ITINERARIOS EN BICICLETA

Para el diseño de los carriles bici se ha seguido la norma 8.2-IC “Marcas viales”. En la primera imagen del apartado anterior están representados los itinerarios en bicicleta en el área de estudio.

En la pastilla central también se ha ubicado el carril bici puesto que la parada sevici se encuentra allí.

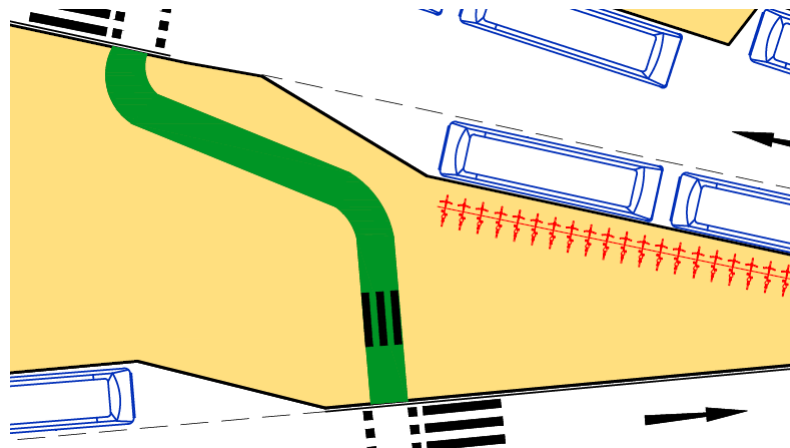


Figura 112: Carril bici en el área intermodal

4.3 FUNCIONALIDAD INTERIOR

4.3.1 CIRCULACIÓN INTERIOR

Debido a que la circulación se realiza en sentido anti-horario, las marquesinas se sitúan en el acerado ubicado fuera de la pastilla central. Esto obliga a que los usuarios tengan que cruzar el carril de circulación de los autobuses interurbanos mediante un paso de peatones.

Se ha diseñado el carril de circulación con un ancho mínimo de 3.6 metros teniendo en cuenta que el espacio que ocupan los autobuses en las dársenas.

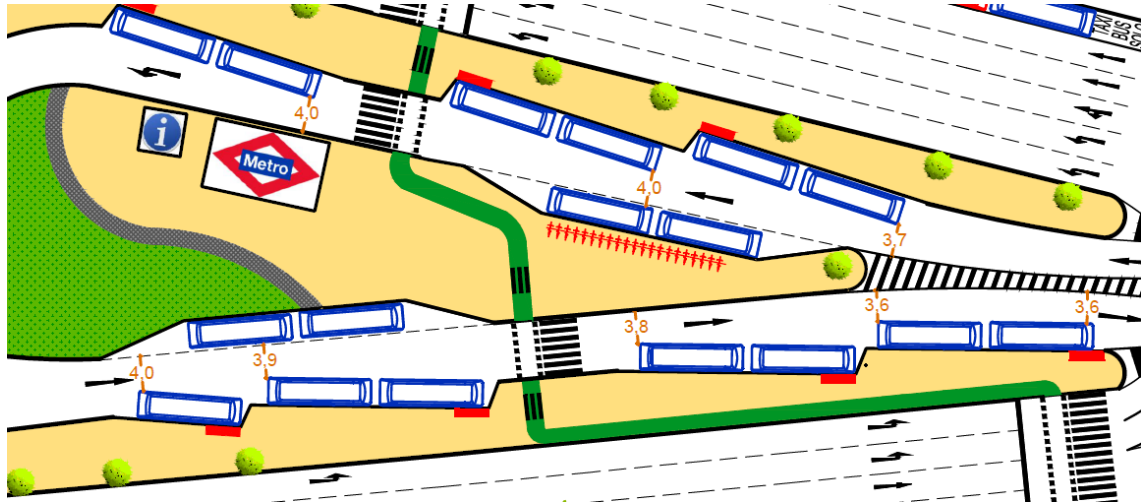


Figura 113: Dimensiones de los carriles de circulación en el área intermodal

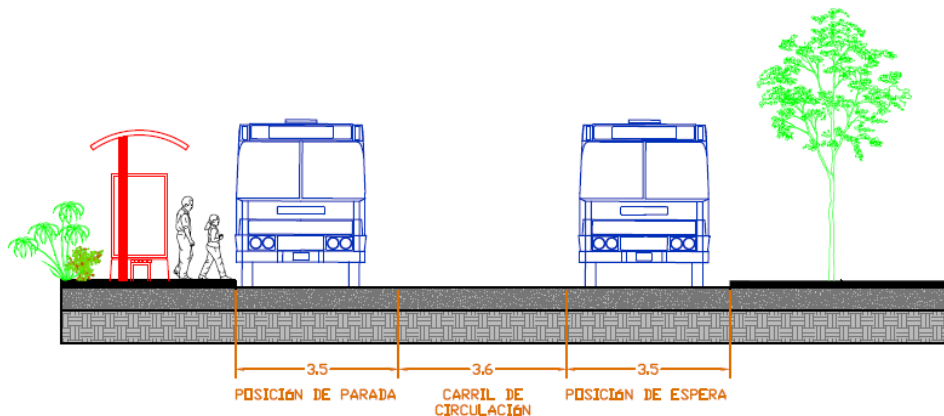


Figura 114: Perfil del carril de circulación del área intermodal

El diseño del área intermodal también debe tener en cuenta las limitaciones en los giros de los autobuses, de forma que el área barrida por los mismos quede incluida en el espacio habilitado para la circulación. Las recomendaciones que el documento “Estudio de Áreas Intermodales en Madrid” presenta son:

Para autobús estándar 12 metros:

- Giro 90 grados:
 - Mínimo radio interior: 10 metros
 - Mínimo radio exterior: 12 metros
 - Carril de circulación en curva: 3.5 metros más sobreecho de 2.5 metros

Debido a que el espacio disponible en el área intermodal lo permite, la curva del área intermodal se ha diseñado con valores mayores a los mínimos recomendados para facilitar la circulación de los autobuses.

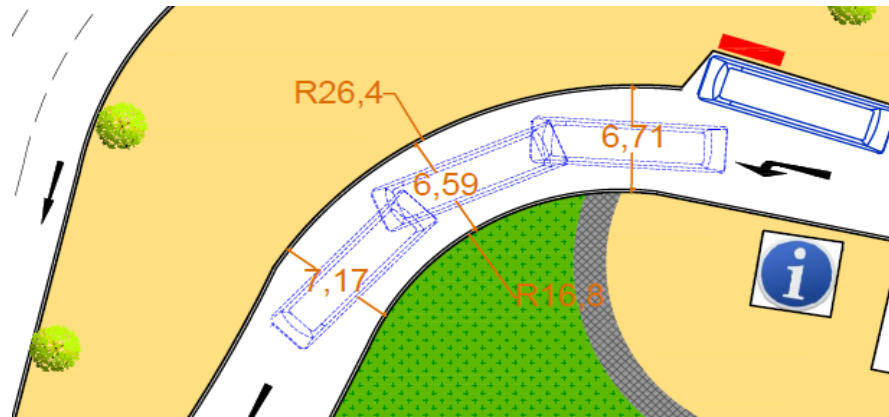


Figura 115: Radio de giro y ancho del carril

4.3.2 MOVIMIENTOS INTERIORES

Los movimientos en el interior de la zona principal del área intermodal son los siguientes:

- Movimientos de entrada a cada una de las dársenas
- Movimientos de salida desde cada dársena
- Movimientos de entrada a las posiciones de espera
- Movimientos de salida de las posiciones de espera

4.4 ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS

4.4.1 DISEÑO DE MARQUESINAS

El diseño de las marquesinas colocadas en el área intermodal sigue el modelo impuesto por TUSAM. Dicho modelo tiene las siguientes características:

- Dimensiones: 4*1,5 metros
- Dispone de:
 - Tres asientos
 - Información sobre las líneas que paran en dicha dársena
 - Información tarifaria
 - Panel electrónico con información de los tiempos de llegada
 - Espacio publicitario de dimensiones 1,75*1,20 metros



Figura 116: Diseño de la marquesina propuesta por TUSAM

El panel electrónico se conoce como terminal de información en parada (TIP) y su función es mostrar información en tiempo real acerca del tiempo estimado de llegada del siguiente autobús y también informa sobre cualquier incidencia que se produzca en alguna línea, como pueden ser atascos, desvíos, cortes, etc.

4.4.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los beneficios que se derivan de un sistema de información adecuado en un área intermodal son numerosos:

- Es necesario disponer de información precisa sobre el sistema de transporte para que los usuarios puedan aprovechar al máximo los servicios de transporte y pueden ser capaces de elegir el mejor itinerario, de acuerdo con sus necesidades y preferencias personales.
- Ofrecer información oportuna a los viajeros puede ayudar a mejorar enormemente su experiencia del viaje. Por ejemplo, si el usuario sabe de antemano cuánto va a esperar para el siguiente vehículo, la sensación del tiempo de espera se reduce. Es evidente que la experiencia que tenga el viajero durante el desplazamiento será sumamente importante para que vuelva a utilizar el sistema en el futuro.
- Una estrategia de comunicación coherente y sólida favorece muchísimo la visión y la imagen del transporte público.

Los transbordos son la parte del viaje que normalmente produce más estrés, ya que hay que tomar decisiones importantes en un plazo muy breve de tiempo y en un entorno, que a menudo, es desconocido y complejo. La sensación de incertidumbre es uno de los problemas que se da en las correspondencias y, debido a ello, con frecuencia se perciben como rupturas del viaje.

Ofrecer la información adecuada ayuda al viajero a realizar el transbordo con facilidad y a tener la sensación de haber realizado el viaje sin problemas. La información también contribuye a reducir, en gran medida, la incertidumbre de los viajeros durante el transbordo, durante el tiempo de espera en el intercambiador y durante todo el resto del viaje.

Debido a lo explicado anteriormente, las indicaciones de las direcciones dentro del área intermodal serán muy claras para cualquier posible transbordo, de forma que el viajero no se encuentre perdido. Para ello, se utilizarán paneles informativos que representen mediante diagramas y planos en escala grande la ubicación de las distintas paradas, los números de las líneas y las direcciones correspondientes.

En cada marquesina se mostrarán los itinerarios de las líneas que dan servicio en esa parada, los horarios aproximados y la información tarifaria. Además, habrá en cada una de ellas un plano del área intermodal donde se facilite información necesaria para los transbordos.

Según se observa en la siguiente figura, muy próximo a la estación de Metro hay un punto de información donde se ofrecerá información a los usuarios acerca de los modos de transporte público que operan en el área intermodal. También se podrá realizar la compra de billetes de viajes y realizar reclamaciones o quejas.



Figura 117: Punto de información en el área intermodal

4.4.3 SEVICI

Otros de los servicios que ofrece el área intermodal es el de alquiler de bicicletas públicas de Sevilla conocido como “Sevici”. Para ello, se ha ubicado una parada de “Sevici” en la pastilla central del área intermodal.

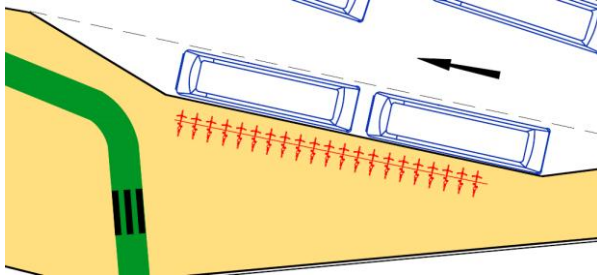


Figura 118: parada de Sevici en el área intermodal

CONCLUSIONES

OBJETIVOS DEL PROYECTO

La propuesta presentada cumple los objetivos del proyecto basados en diseñar un área intermodal que potencie el transporte colectivo proporcionando un transbordo fácil, cómodo y seguro en el entorno de la Torre Pelli. El complejo se ubica en un contexto territorial muy favorable a los recorridos de proximidad donde el vehículo privado debe perder su protagonismo.

Se trata de una actuación ubicada en un lugar en superficie atractivo e integrado en la trama que promueve la intermodalidad al concentrar en una única área los distintos modos de transporte logrando que los desplazamientos en el interior del área intermodal sean muy reducidos. Este hecho permite que el usuario perciba el intercambiador como espacio único con unas características ambientales que hacen agradable la estancia en él. Además la solución propuesta se ubica en lugar estratégico desde donde se puede acceder a los principales lugares de interés de la zona.

Esta iniciativa ofrece un amplio abanico de posibilidades al usuario en el modo de desplazarse y proporciona respuestas de movilidad a cada estrato de población y motivo de desplazamiento desde una lógica intermodal.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Es una solución original planteada sobre suelo asociado al viario cuyo único uso antes de la actuación era separar y permitir los distintos movimientos del tráfico. Con esta propuesta se le está dando un nuevo uso al suelo sobre el que se asienta la estación intermodal, la cual se ubica en el centro de un nodo de gran importancia para la ciudad, al ser una de las principales conexiones de la zona centro de Sevilla con la Isla de la Cartuja y con los municipios situados al Oeste.

La propuesta tiene un valor extraordinario al plantearse como una solución integral de la movilidad en la que, además de cubrir los objetivos de la intermodalidad, también se logra reducir los problemas de congestión existentes en el nodo. Por lo tanto, la reordenación que se propone, aunque no resuelve los problemas de tráfico debidos al exceso de la demanda derivados de la puesta en servicio del complejo de la Torre Pelli, presenta una mejora respecto a los que se generarían si no se llevase a cabo ninguna actuación.

La solución propuesta ha requerido una ordenación completa del tráfico en el área de actuación basada en la priorización de los movimientos transversales principales para optimizar el flujo de tráfico. Para ello, se han coordinado los semáforos mediante desfases que permiten el flujo continuo del tráfico en las direcciones principales. Además, otras de las principales actuaciones llevadas a cabo han sido el aumento del número de carriles y el desplazamiento de las líneas de detención para garantizar la capacidad de acumulación de vehículos con el fin de evitar que la formación de colas ocasione conflictos en las intersecciones.

POSIBLES MEJORAS

Para los objetivos de este proyecto se ha considerado suficiente simular un único periodo horario, correspondiente al tramo horario comprendido entre las 8 y las 9h de la mañana, sin embargo, para un estudio más comprometido sería conveniente simular también el periodo horario de 14 a 15h. Esta medida sería necesaria para comprobar si la capacidad de las vías es suficiente para soportar la demanda de la hora punta de la tarde. A pesar de que en este proyecto no se ha simulado con dicho periodo horario, se ha sobredimensionado el número de carriles del tramo de sentido Este-Oeste en dirección Huelva con el fin de ofrecer una solución realista.

La solución planteada permite que en un futuro los responsables de movilidad puedan optar por implantar otra reordenación del tráfico en el área de estudio puesto que la actuación no condena a la intersección a un único diseño. Por lo tanto, según las necesidades de movilidad en escenarios futuros y según el espacio disponible, se podrán estudiar otras soluciones en el futuro.

El principal problema que presenta el diseño del área intermodal es que se ubica en un espacio limitado por los viales, por lo que no se podría ampliar el suelo ocupado por el área intermodal en un futuro. Sin embargo, al haberse diseñado más dársenas que las mínimas necesarias sería posible acoger un mayor número de líneas de autobuses o aumentar la frecuencia de las actuales.

Para un estudio más completo sería necesario añadir un anexo acerca de la Accesibilidad en el área intermodal. La accesibilidad del sistema de transporte público requiere asegurar la cadena de la movilidad, del transporte accesible, de la forma más completa posible abarcando todo el proceso del desplazamiento incluyendo la red viaria y la señalización. Para ello, es necesario implantar medidas como caminos guiados para invidentes, ascensores y escaleras para personas con movilidad reducida e información en sistema braille en cada dársena. Para la elaboración de este anexo sería recomendable seguir los documentos “Guía técnica para la instalación de sistemas de encaminamiento en las infraestructuras de transporte público en la Comunidad de Madrid” y “Manual para un entorno accesible”, elaborado por el Real Patronato sobre Discapacidad.

También sería recomendable realizar una valoración económica de la actuación propuesta.

VALORACIONES PERSONALES

La elaboración de este proyecto me ha permitido aprender a utilizar herramientas profesionales como el software Transmodeler, con el que he conseguido familiarizarme. A partir de él he podido simular cada escenario, valorar y reflexionar acerca de los resultados obtenidos y realizar modificaciones con el fin de optimizar la solución.

La temática del trabajo me ha permitido poner en práctica muchos de los conceptos aprendidos en la asignatura de cuarto curso “Terminales e intercambiadores”.

El trabajo me ha brindado la posibilidad de enfrentarme a un proyecto de gran magnitud que propone una solución a un problema actual. A pesar de que se podría profundizar y mejorar ciertos aspectos, se plantea una solución viable y original que cumple los objetivos del proyecto.

ANEXO I: MODELOS DE TRANSPORTE

Para el proyecto se han desarrollado diferentes simulaciones de transporte en el área de estudio. Mediante las microsimulaciones de tráfico se ha analizado el impacto que tendría la reordenación viaria y del transporte público sobre el tráfico privado.

A.I.1 ANÁLISIS DEL TRÁFICO

A.I.1.1 SELECCIÓN DEL PERIODO HORARIO DE ESTUDIO

El tráfico privado en el área metropolitana de Sevilla sigue un patrón dominante de movilidad obligada con dos marcadas horas punta, de 7 a 9 de la mañana y de 14 a 15 horas al medio día. En el periodo de tarde se mezclan los retornos del trabajo y estudios con los desplazamientos por ocio y compras con intensidades horarias con pocas variaciones sin observarse una hora punta destacada.

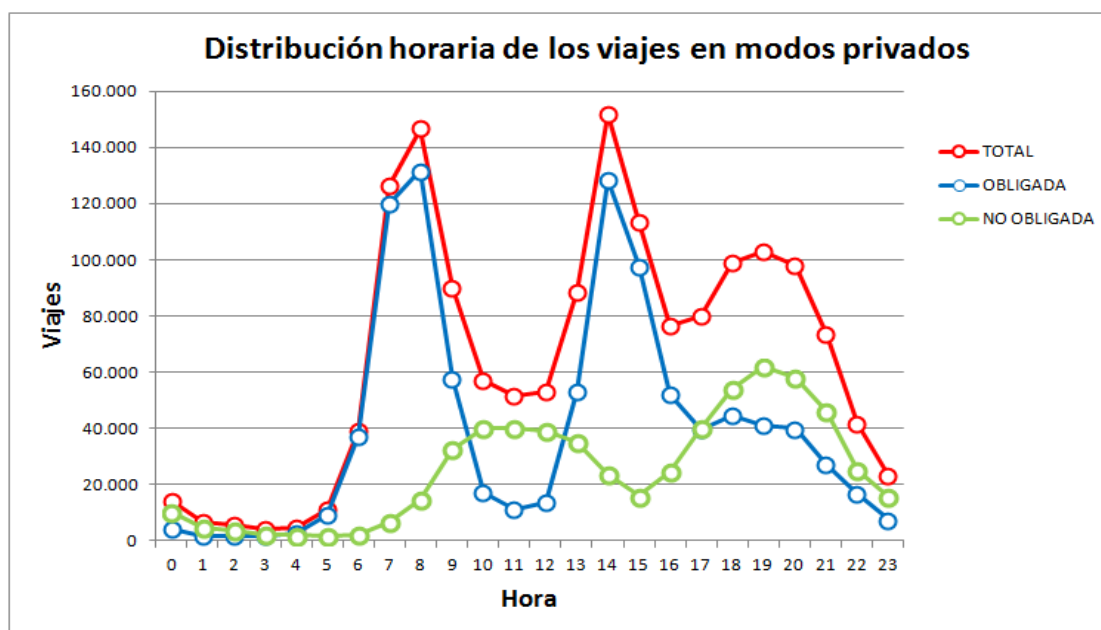


Figura 119: Distribución horaria de la movilidad en modos privados en el área metropolitana de Sevilla (EDM 2007)

El marcado patrón de movilidad obligada en el área metropolitana de Sevilla y el hecho de que el área de estudio se localice en uno de los principales nodos de acceso a la capital, hace que la movilidad en dicho punto presente grandes asimetrías en las dos horas punta. Los datos de aforos del Ayuntamiento de Sevilla muestran que en la hora punta de mañana los movimientos dominantes son los de entrada a Sevilla, mientras que al medio día destacan los movimientos de salida.

Para los objetivos de este proyecto se ha considerado suficiente simular un único periodo horario, que corresponde al tramo horario comprendido entre las 8 y las 9 de la mañana, sin embargo, para un estudio más comprometido sería conveniente también simular el periodo horario de 14 a 15.

A.I.1.2 MATRICES DE MOVILIDAD EN LOS DIFERENTES ESCENARIO

Para la microsimulación del tráfico en los diferentes escenarios resulta necesario conocer las matrices de movimientos de vehículos en el área de estudio y para el periodo horario seleccionado. Para el escenario actual o escenario previo, las matrices se pueden calcular de forma aproximada a partir de mediciones del tráfico en diferentes puntos de la intersección, mientras que para los escenarios con la Torre Pelli en servicio, es necesario agregar a las matrices de movilidad actual, los desplazamientos generados por la puesta en servicio de dicho edificio. A continuación se describen las metodologías empleadas para la estimación de las diferentes matrices, así como los resultados obtenidos.

A.I.1.2.1 MATRICES DE VEHÍCULOS EN EL ESCENARIO ACTUAL

Para la obtención de las matrices de movimientos de vehículos en el escenario actual, se ha realizado una toma de datos manual en el área de estudio los días 30 de septiembre y 8 de octubre durante la hora punta de mañana con las siguientes características:

- Se han contabilizado todos los vehículos que realizaban cada uno de los movimientos en diferentes tramos de la intersección.
- Las mediciones en cada uno de los tramos se ha realizado por un periodo de duración limitada que supone una fracción horaria. En ningún caso se ha medido el tráfico durante una hora completa.
- Como hipótesis se supone que las intensidades son cuasi-uniformes durante la hora punta. Bajo esta hipótesis, la intensidad horaria de cada uno de los movimientos es aproximada mediante la expansión de los datos medidos a una hora completa.

A continuación se muestra un croquis con los diferentes movimientos aforados y una tabla con los datos obtenidos.

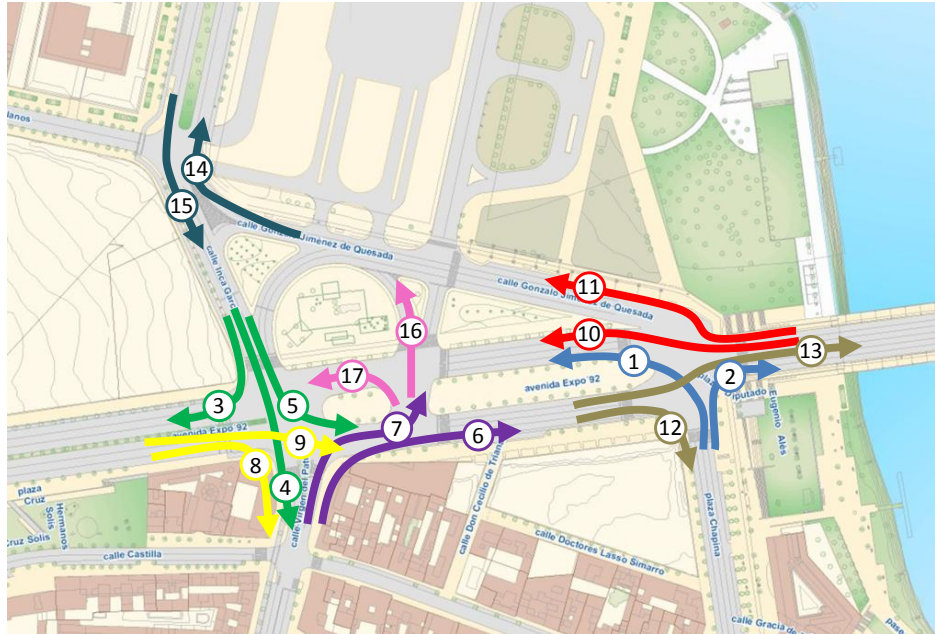


Figura 120: Movimientos de vehículos medidos mediante aforos manuales

Tabla 16: Datos de movimientos de vehículos obtenidos mediante aforos manuales

PUNTO	MOVIMIENTO	HORA INICIO	HORA FIN	TIEMPO	VEHÍCULOS AFORADOS	INTENSIDAD HORA
1	1	8:03	8:23	0:20	106	318
	2	8:03	8:23	0:20	51	153
2	3	8:02	8:22	0:20	26	78
	4	8:02	8:22	0:20	105	315
3	5	8:02	8:22	0:20	61	183
	6	8:29	8:49	0:20	79	237
4	7	8:29	8:49	0:20	182	546
	8	8:02	8:19	0:17	180	635
5	9	8:02	8:19	0:17	692	2442
	10	8:30	8:47	0:17	298	1052
6	11	8:30	8:47	0:17	175	618
	12	8:50	8:57	0:07	35	300
7	13	8:50	8:57	0:07	270	2314
	14	8:21	8:36	0:15	117	468
8	15	8:28	8:38	0:10	34	204
	16	8:41	8:51	0:10	38	228
9	17	8:52	9:02	0:10	61	366

Las mediciones realizadas no permiten estimar de forma directa las matrices de movilidad en el área de estudio.

- Las dimensiones del área de estudio son demasiado grandes como para poder observar la salida que toma cada uno de los vehículos que entra en la intersección. Las relaciones origen – destino han de obtenerse de forma indirecta a partir del equilibrio de los movimientos medidos.
- Las intensidades horarias obtenidas son sólo una aproximación de las reales bajo la hipótesis de uniformidad. Las variaciones entre los dos días de aforo o entre distintas fracciones horarias hacen que no sea posible garantizar el equilibrio de los datos y que por tanto sea necesario aplicar alguna técnica que nos permita corregir los errores.

La técnica seleccionada para la estimación de los movimientos de vehículos en la intersección consiste en el ajuste de matrices origen-destino de viajes, cuyo planteamiento y formulación se describe a continuación:

- La matriz origen-destino de viajes es desconocida a priori y cada una de sus celdas son las incógnitas que queremos calcular.
- La limitación de opciones de movimientos en el área de estudio permite establecer a priori los itinerarios que siguen los vehículos desde cada origen a cada destino. Conocidos los itinerarios, el número de vehículos que realiza cada uno de los movimientos en la intersección se puede formular como la suma de las celdas de la matriz origen-destino cuyos itinerarios realizan dicho movimiento.
- Para los movimientos aforados, la diferencia entre el valor observado y el obtenido como suma de celdas de la matriz representa el error de la observación.
- Bajo la hipótesis de que las mediciones se ha realizado de forma correcta y que la movilidad en es cuasi-uniforme durante la hora punta, el objetivo de la técnica es encontrar los valores de la matriz origen-destino que hacen que los errores en las observaciones sean mínimos. En este caso se ha minimizado la suma de los errores al cuadrado.

La formulación matemática de la técnica es la siguiente:

Ecuación 3: Problema de optimización para el ajuste de matrices origen-destino

$$\begin{aligned} & \min \sum_k \phi_k^2 \\ \text{S.a.} \\ & v_k = (T \times A_k) + \phi_k \\ & T_{ij} \geq 0 \forall i, j \\ & A_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si el itinerario entre } i \text{ y } j \text{ realiza el movimiento } k \\ 0 & \text{si el itinerario entre } i \text{ y } j \text{ no realiza el movimiento } k \end{cases} \end{aligned}$$

Donde:

T es la matriz origen-destino de viajes que se quiere estimar

v_k es el volumen de vehículos observados en el movimiento k -ésimo

ϕ_k es el error de observación en el movimiento k -ésimo

A es la matriz de incidencia y representa que parejas origen destino realizan cada uno de los movimientos aforados.

Los itinerarios a priori se representan en las siguientes figuras:

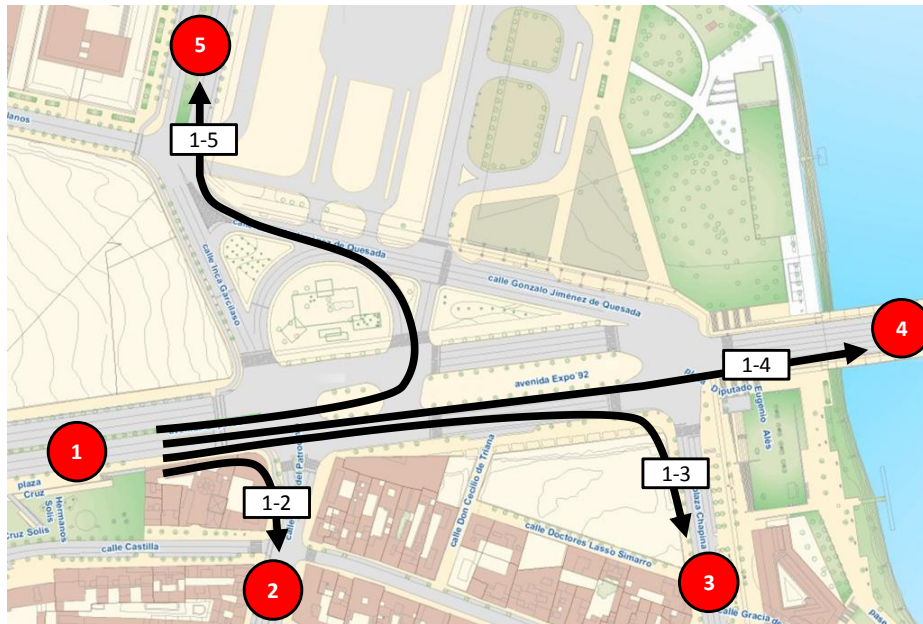


Figura 121: Movimientos con origen en el centroide 1

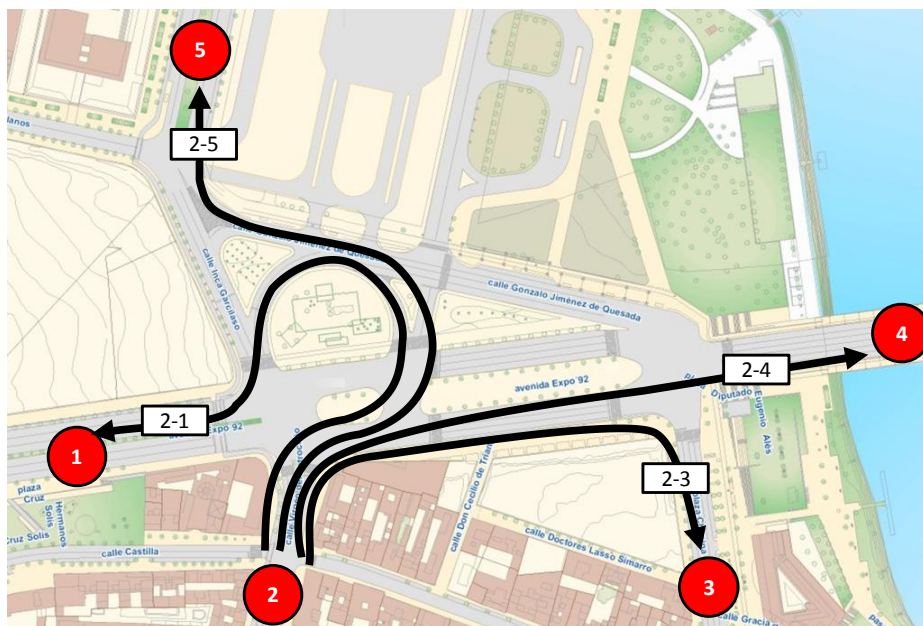


Figura 122: Movimientos con origen en el centroide 2

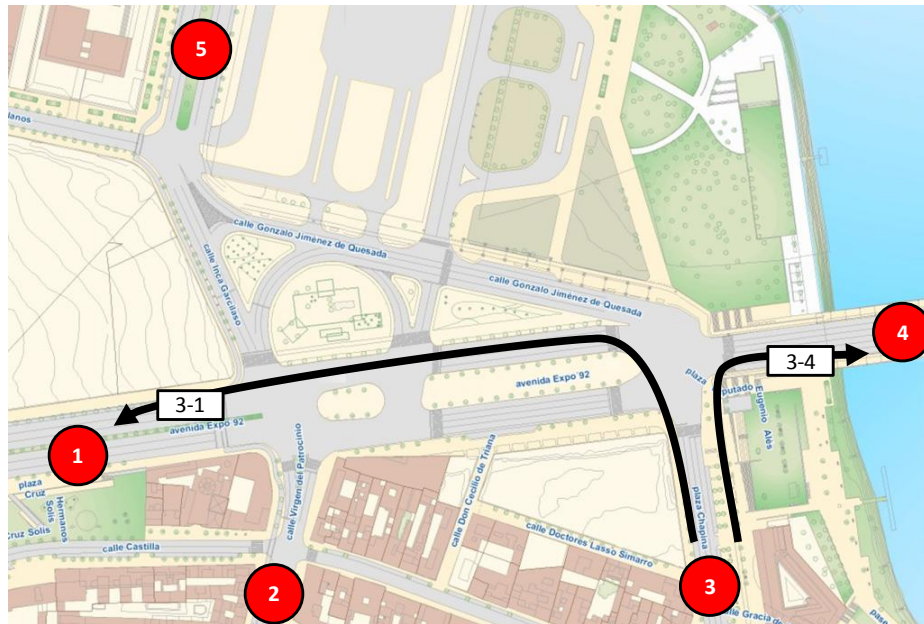


Figura 123: Movimientos con origen en el centroide 3

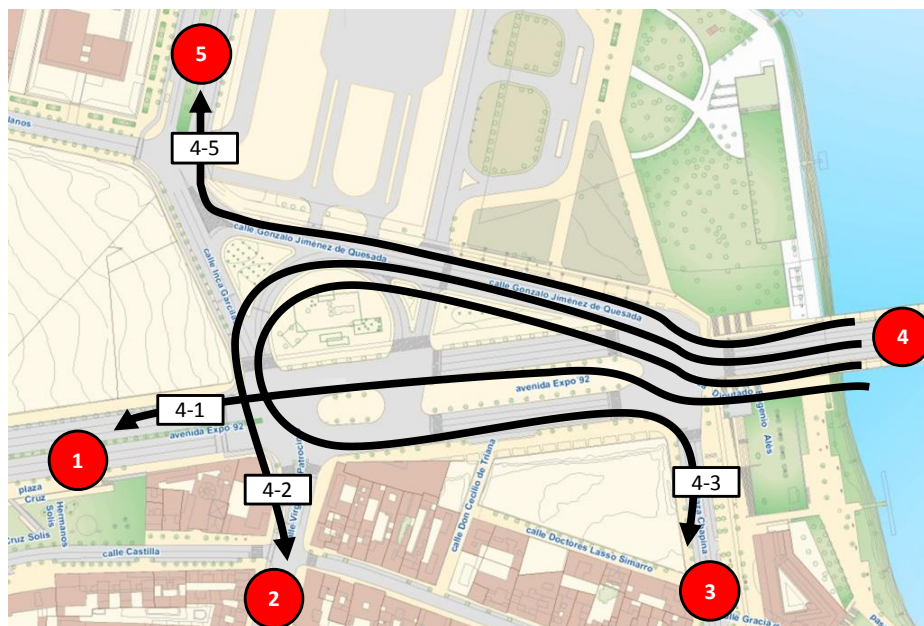


Figura 124: Movimientos con origen en el centroide 4

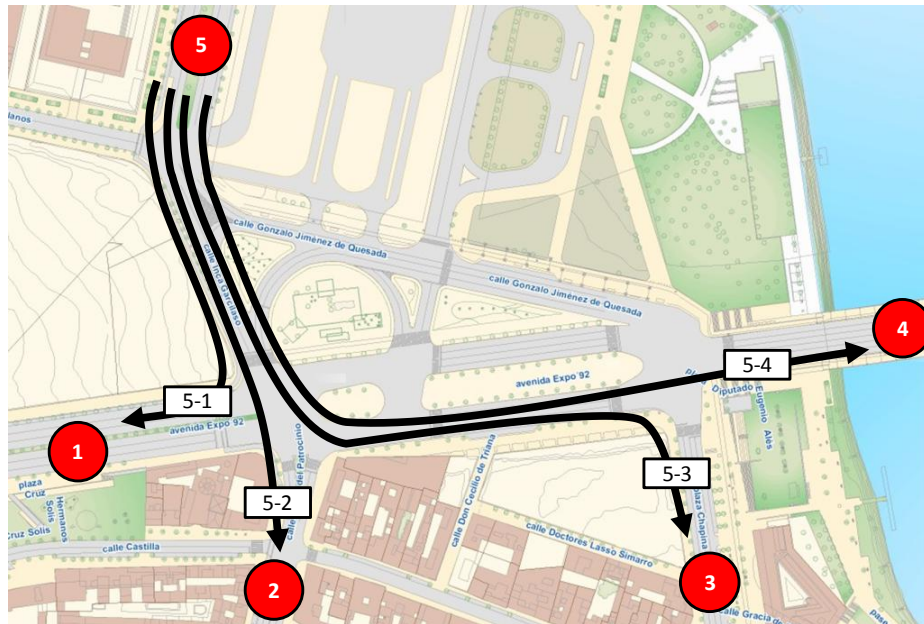


Figura 125: movimientos con origen en el centroide 5

El problema de minimización se ha resuelto mediante la herramienta solver de Excel, que implementa el algoritmo de optimización del Gradiente Generalizado. En la siguiente tabla se presentan los datos de aforo introducidos en el problema, las expresiones que representan la relación de equilibrio de movimientos en la intersección y los resultados obtenidos con el proceso.

Tabla 17: Movimientos de vehículos en los puntos de aforo observados y estimados mediante ajuste

MOVIMIENTO	AFORO	EXPRESION	VALOR AJUSTADO	ERROR
1	318,0	$T(3,1)$	318,0	0,0
2	153,0	$T(3,4)$	153,0	0,0
3	78,0	$T(5,1)$	86,5	-8,5
4	315,0	$T(4,2)+T(5,2)$	323,6	-8,6
5	183,0	$T(4,3)+T(5,3)+T(5,4)$	164,4	18,6
6	237,0	$T(2,3)+T(2,4)$	209,9	27,1
7	546,0	$T(2,1)+T(2,5)$	518,8	27,2
8	635,3	$T(1,2)$	635,3	0,0
9	2.442,4	$T(1,3)+T(1,4)+T(1,5)$	2.415,2	27,1
10	1.051,8	$T(4,1)$	1.051,8	0,0
11	617,6	$T(4,2)+T(4,3)+T(4,5)$	609,1	8,6
12	300,0	$T(1,3)+T(2,3)+T(4,3)+T(5,3)$	327,1	-27,1
13	2.314,3	$T(1,4)+T(2,4)+T(5,4)$	2.341,4	-27,1
14	468,0	$T(1,5)+T(2,5)+T(4,5)$	476,6	-8,6
15	204,0	$T(5,1)+T(5,2)+T(5,3)+T(5,4)$	195,4	8,6
16	228,0	$T(1,5)+T(2,5)$	246,6	-18,6
17	366,0	$T(2,1)$	393,2	-27,2
CELDA OBJETIVO (SUMA ERRORES CUADRADO)				5480,06

Los valores de la matriz origen-destino ajustada se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 18: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario actual

		DESTINO				
		1	2	3	4	5
ORIGEN	1		635,3	224,5	2.069,8	121,0
	2	393,2		47,1	162,7	125,6
	3	318,0			153,0	
	4	1.051,8	323,6	55,5		230,0
	5	86,5	0,0	0,0	108,9	

A.I.1.2.2 MATRICES DE VEHÍCULOS EN LOS ESCENARIOS CON TORRE PELLI

La Torre Pelli se trata de un edificio singular y emblemático para la ciudad de Sevilla, y va a generar un impacto de considerable importancia por las siguientes razones:

- Es el edificio de mayor altura de la ciudad y uno de los más altos del territorio nacional, con una altura de 180,7 metros. Esta dimensión lo hace visible desde gran parte del entorno metropolitano habiendo modificado de forma significativa el skyline de la ciudad.
- Se localiza en un entorno céntrico y estratégico, relativamente próximo a zonas comerciales y de ocio del centro de la ciudad. Esta característica, sumada a la propia singularidad del edificio, propicia que se trate de un centro atractivo para este mismo tipo de actividades. El proyecto contempla la creación de dos superficies comerciales, el centro cultural de Caixaforum, además de superficies destinadas a usos hoteleros.
- Una parte muy importante de la superficie del edificio está destinada a usos terciarios y de oficinas. El edificio va a agrupar un elevado número de puestos de empleo que actualmente se encuentran distribuidos en diferentes zonas de la ciudad. La movilidad por motivos de trabajo o estudio está sujeta a unos horarios concretos, concentrando un elevado número de desplazamientos en unas franjas horarias muy estrechas, que coinciden con las horas punta del resto de movilidad de la ciudad.

Debido a la extrema proximidad de la Torre Pelli al enclave en el que se prevé la implantación del área intermodal, se hace necesario incluir en los estudio de movilidad (tráfico y transporte público) la demanda de desplazamientos generados y atraídos tras la puesta en servicio del edificio. El desarrollo de un modelo de demanda de transporte para todo el Área Metropolitana de Sevilla excede los objetivos del presente proyecto, por lo que se ha optado por aplicar una metodología simplificada para estimar de forma específica la movilidad asociada a la Torre Pelli.

Por otro lado, la empresa “CONTORNO S.A. movilidad urbana y territorial” elaboró en noviembre de 2014 para la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía el documento titulado “ESTUDIO DE MOVILIDAD ASOCIADO A LA IMPLANTACIÓN Y DESARROLLO DEL PLAN ESPECIAL DE REFORMA INTERIOR DEL ÁMBITO DENOMINADO EN EL PGOU ARI-DT-10 PUERTO TRIANA (SEVILLA) TORRE PELLI”. En este documento se recoge un estudio detallado del impacto que supondrá la Torre Pelli sobre la movilidad en el Área Metropolitana de Sevilla y en especial sobre el entorno de la actuación. Revisado el documento, la metodología aplicada y la fecha de su elaboración, se considera una fuente válida y fiable de información, por lo que una parte muy importante de los resultados han sido aplicados directamente a este estudio.

Otra fuente de información utilizada es la Encuesta Domiciliaria de Movilidad (EDM) elaborada por el Consorcio de Transportes Metropolitano del Área de Sevilla en 2007. La información facilitada por el consorcio es insuficiente al faltar los vectores de variables socioeconómicas zonales. Por otro lado,

desarrollar un modelo de demanda a partir de una encuesta requiere un esfuerzo que supera con creces los objetivos buscados en esta etapa. Es por ello que la EDM se ha utilizado como base de contraste de los resultados y para la corrección de alguna hipótesis del estudio de CONTORNO S.A. que no estaba debidamente justificada.

La metodología aplicada para la estimación de la demanda asociada a la Torre Pelli se basa en un modelo de 4 etapas cuyo esquema se muestra a continuación.

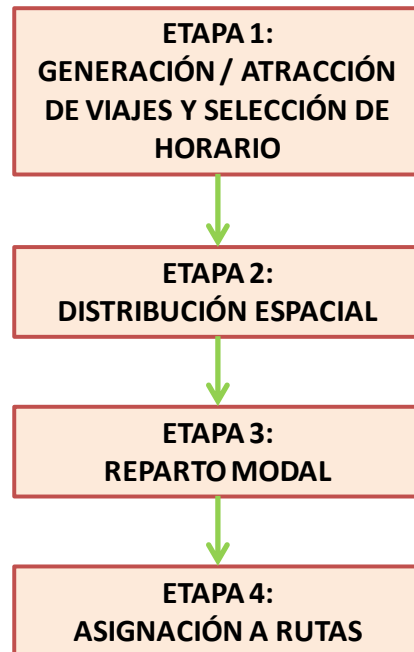


Figura 126: Modelo de 4 etapas aplicado para la estimación de demanda de la Torre Pelli

Etapas 1: Generación / Atracción de viajes y selección de horario

La estimación del número de viajes generados y atraídos por el nuevo desarrollo urbanístico asociado a la Torre Pelli se realiza en base a la superficie prevista para cada uno de los tipos de uso y actividad.

La regulación de los usos del suelo admitidos en el ámbito de estudio vienen determinados por el Plan Especial de Reforma Interior de Sector ARI-DT-10, Puerto Triana, que se redacta como documento de desarrollo del Plan General de Ordenación de Sevilla y que fue aprobado de forma definitiva el 19/04/2007.

El reparto de los usos del suelo por tipo de aprobados en el Plan Especial de Reforma Interior son los siguientes:

Tabla 19: Superficies aprobadas en el PGOU para la parcela ARI-DT-10

SUPERFICIES ARI-DT-10 (PGOU SEVILLA)	
Superficie Total Suelo	180.558 m²
Superficie suelo con aprovechamiento	136.703 m²
Suelo público asociado	43.855 m²
Ayuntamiento	25.889 m ²
AGESA	17.966 m ²
Espacios Libres y equipamientos	84.064 m²
S.I.P.S	12.592 m²
Parcela destinada a Servicios Terciarios	68.000 m²
Uso Comercial	48.000 m ²
Uso Hotelero, oficinas y servicios privados	20.000 m ²
Aparcamientos bajo rasante	4.000 plazas
(75% vinculado a actividades, 25% máximo a rotación)	

Tras la aprobación del PGOU, CAIXABANK presenta el proyecto de “Centro de Servicios Terciarios en la parcela CT1 del PERI ARI-DT-10”, con licencia de 17 de septiembre de 2008, en el que establecen y detallan las diferentes infraestructuras, edificios e instalaciones proyectadas para dicha parcela. A partir de la memoria y el anexo de planos del proyecto, se pueden calcular la distribución de superficies en cada una de las edificaciones y los usos a los que se destinan. En la siguiente tabla se recoge un resumen de dichas superficies.

Tabla 20: Superficies del proyecto Centro de Servicios Terciarios ARI-DT-10

SUPERFICIES PROYECTO CENTRO SERVICIOS TERCIARIOS ARI-DT-10			
Edificios soterrados			
2º Sótano Centro de Congresos	Oficinas	3.886,19 m ²	100%
Edificios Podio			
Centro de Negocios	Oficinas	6.172,89 m ²	18%
Comercial y restaurantes		9.310,33 m ²	27%
Planta baja	Oficinas	9.498,93 m ²	28%
Primera planta	Oficinas	6.545,07 m ²	19%
Segunda planta	Oficinas	2.883,56 m ²	8%
Torre Pelli			
1º Sótano	Oficinas	1.470,06 m ²	3%
Planta Baja	Oficinas	1.052,15 m ²	2%
18 siguientes plantas: 1.383,65 x 18 =	Oficinas	24.905,70 m ²	48%
Plantas 19 y 20 : 1.320,35 x 2 =	Oficinas	2.640,70 m ²	5%
15 plantas siguientes: 1.247,58 x 15 =	Oficinas	18.713,70 m ²	36%
Plantas Restaurante y Mirador		2.712,14 m ²	5%

El proyecto Centro de Servicios Terciarios ARI-DT-10 se encuentra en un estado muy avanzado de ejecución y algunos de sus servicios están parcialmente operativos. Considerando el estado actual de desarrollo urbanístico del área de estudio, las variables utilizadas para la estimación de la demanda futura

de movilidad son las establecidas en el proyecto de urbanización y no a las aprobadas en el PGOU y cuyos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 21: Superficies por uso de suelo utilizadas para la estimación de demanda

SUPERFICIES POR TIPO DE USO	
Terciario y oficinas	77.769 m²
Comercial	12.022 m²

En el estudio de movilidad desarrollado por CONTORNO S.A. se toman como ratios mínimos de generación de viajes diarios los establecidos por la Generalitat de Catalunya en el decreto 344/2006, de 19 de setiembre, donde se indica: “En los estudios de evaluación de la movilidad generada se estimará el número de desplazamientos que generen las diferentes actividades y usos del suelo con las siguientes ratios mínimas de viajes generados/día, excepto de aquellos supuestos en que se justifique la adopción de valores inferiores”:

Tabla 22: Ratios mínimos de viajes generados/día establecidos por la Generalitat de Cataluña

RATIOS DE VIAJES GENERADOS/DÍA	
Uso de vivienda	7 viajes/vivienda o 3 viajes/persona
Uso residencial	10 viajes /100 m² de techo
Uso comercial	50 viajes /100 m² de techo
Uso de oficinas	15 viajes /100 m² de techo
Uso industrial	5 viajes /100 m² de techo
Equipamientos	20 viajes /100 m² de techo
Zonas verdes	5 viajes /100 m² de suelo
Franja costera	5 viajes /m de playa

La demanda diaria de transporte generada por la puesta en servicio de la Torre Pelli y los edificios anexos se calcula directamente mediante la aplicación de los ratios de generación diarios a los distintos tipos de usos del suelo.

Tabla 23: Total del viajes diarios generados por la puesta en servicio de la Torre Pelli y edificios anexos

VIAJES GENERADOS / DÍA			
Uso del suelo	Superficie	Ratio viajes / m²	Viajes/día
Terciario y oficinas	77.769	0,15	11.665
Comercial	12.022	0,5	6.011
TOTAL			17.676

Una vez se han estimado el total de viajes diarios, el paso siguiente en calcular la fracción de viajes que se realizan en los distintos periodos horarios, y para cada periodo, que porcentaje de los viaje tienen como origen o bien como destino la zona de la actuación.

CONTORNO S.A. utilizó en su estudio el *Trip Generation Manual* publicado por el *Institute of Transportation Engineers* y que está elaborado a partir de observaciones de movilidad en diferentes ciudades americanas. Los parámetros extraídos del manual para el estudio de movilidad de la Torre Pelli son:

Tabla 24: Factores para la estimación de la movilidad en hora punta de mañana a partir de la diaria

FACTORES DE MOVILIDAD EN HORA PUNTA DE MAÑANA			
Uso del suelo	% HPM	Origen	Destino
Terciario y Oficinas	12%	0,2	0,8
Comercial	4%	0,4	0,6

Aplicando los factores de hora punta de mañana a la movilidad diaria, obtenemos los siguientes viajes con origen y destino en el nuevo desarrollo urbanístico.

Tabla 25: Viajes generados en la hora punta de mañana por la puesta en servicio de la Torre Pelli y edificios anexos

MOVILIDAD EN HORA PUNTA DE MAÑANA			
Uso del suelo	Origen	Destino	Total
Terciario y Oficinas	280	1.120	1.400
Comercial	96	144	240
TOTAL	376	1.264	1.640

Contraste de hipótesis de la Etapa 1:

Para comprobar los viajes obtenidos en la etapa de generación siguiendo la misma metodología de CONTORNO S.A., se van a obtener unos valores aproximados de movilidad a partir de la EDM de 2007 y de los datos socioeconómicos de los municipios de Andalucía publicados en el Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA).

La página Web del SIMA permite la extracción de algunas variables socioeconómicas de actividad para ámbitos municipales o de orden superior. Las variables directas y derivadas que se han extraído para el municipio de Sevilla y el año 2007 se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 26: Variables de actividad para Sevilla capital en el año 2007 según el SIMA

VARIABLES DE ACTIVIDAD EN EL MUNICIPIO DE SEVILLA EN 2007	
Superficie zonas industriales y comerciales (Hectáreas)	1.072
Contratos en el sector Industrial	15.015
Contratos en el sector Servicios	254.871
Puestos de trabajo en industria y comercio cada 100 m ²	2,52

De la explotación directa de la EDM del 2007, teniendo en cuenta la zona de trabajo de los entrevistados y los coeficientes de expansión asociados a los mismos, el número de puestos de actividad en el término municipal de Sevilla asciende a los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 27: Puestos de actividad en el término municipal de Sevilla según EDM 2007

PUESTOS DE ACTIVIDAD EN EL MUNICIPIO DE SEVILLA	
Puestos de trabajo	254.718
Plazas escolares	73.711

Como se puede observar del cruce de ambas fuentes de datos, el número de puestos de trabajo en el Municipio de Sevilla presenta valores similares (269.886 según el SIMA frente a 254.718 de la EDM). Considerando el SIMA como la fuente más fiable de la información, el error que se obtiene utilizando los datos de la EDM al nivel del término municipal de Sevilla es del 5,62%, que se considera una aproximación más que suficiente para los objetivos de este contraste.

De la misma encuesta se pueden extraer los viajes realizados por motivo principal de trabajo, gestiones laborales, compras y restauración con zona de atracción situada en Sevilla capital. El criterio de atracción y motivo principal viene fijado por el concepto de viajes basados en casa. Cuando el viaje tiene origen o destino el hogar, se considera como motivo del viaje la actividad desarrollada en la zona contraria al hogar que además se establece como zona de atracción del viaje. Para el resto de viajes, el motivo corresponde a la actividad en la zona de destino del viaje que además se considera como zona de atracción. Los resultados obtenidos aplicando este criterio de selección son:

Tabla 28: Viajes diarios atraídos por el término municipal de Sevilla según EDM 2007

VIAJES DIARIOS ATRAIDOS POR SEVILLA POR MOTIVOS	
Motivo	Viajes diarios
Trabajo	561.548
Compras cotidianas	171.555
Compras no cotidianas	52.876
Gestiones de trabajo	19.819
Ocio/Diversión/Espectáculos/Cine/Restaurantes/Practicar deporte	136.566
Comer/Cenar/Bar/Restaurante [NO OCIO]	11.802
TOTAL	954.166

Asumiendo como hipótesis que el número de viajes atraídos por motivos laborales, comerciales y de restauración son directamente proporcionales al número de puestos de trabajo dedicados a dichas actividades y que el número de puestos de trabajo es directamente proporcional a la superficie dedicada a la actividad, los índices de movilidad para Sevilla capital se pueden estimar a partir de los datos anteriores:

Tabla 29: Índices medios de movilidad estimados para Sevilla a partir de la EDM 2007 y del SIMA

ÍNDICES DE MOVILIDAD MEDIOS PARA SEVILLA CAPITAL	
Puestos de trabajo en industria y comercio cada 100 m ²	2,52
Número de viajes atraídos por cada puesto de trabajo	3,75
Número de viajes atraídos por cada 100 m ²	9,43

El valor obtenido de 9,43 viajes por cada 100 m² es netamente inferior a los ratios establecidos por la Generalitat de Cataluña, de 15 viajes cada 100 m² de oficinas y 50 viajes cada 100 m² de usos comerciales. Desde esta perspectiva y asumiendo las limitaciones y simplificaciones en los cálculos realizados, se considera que la generación diaria estimada por CONTORNO S.A. es un valor conservador para el análisis de las incidencias sobre el tráfico.

Por otro lado, en el siguiente gráfico se muestra la distribución horaria de los viajes para los motivos de trabajo y comerciales (compras, restauración, ocio) considerando cualquier modo de transporte utilizado.

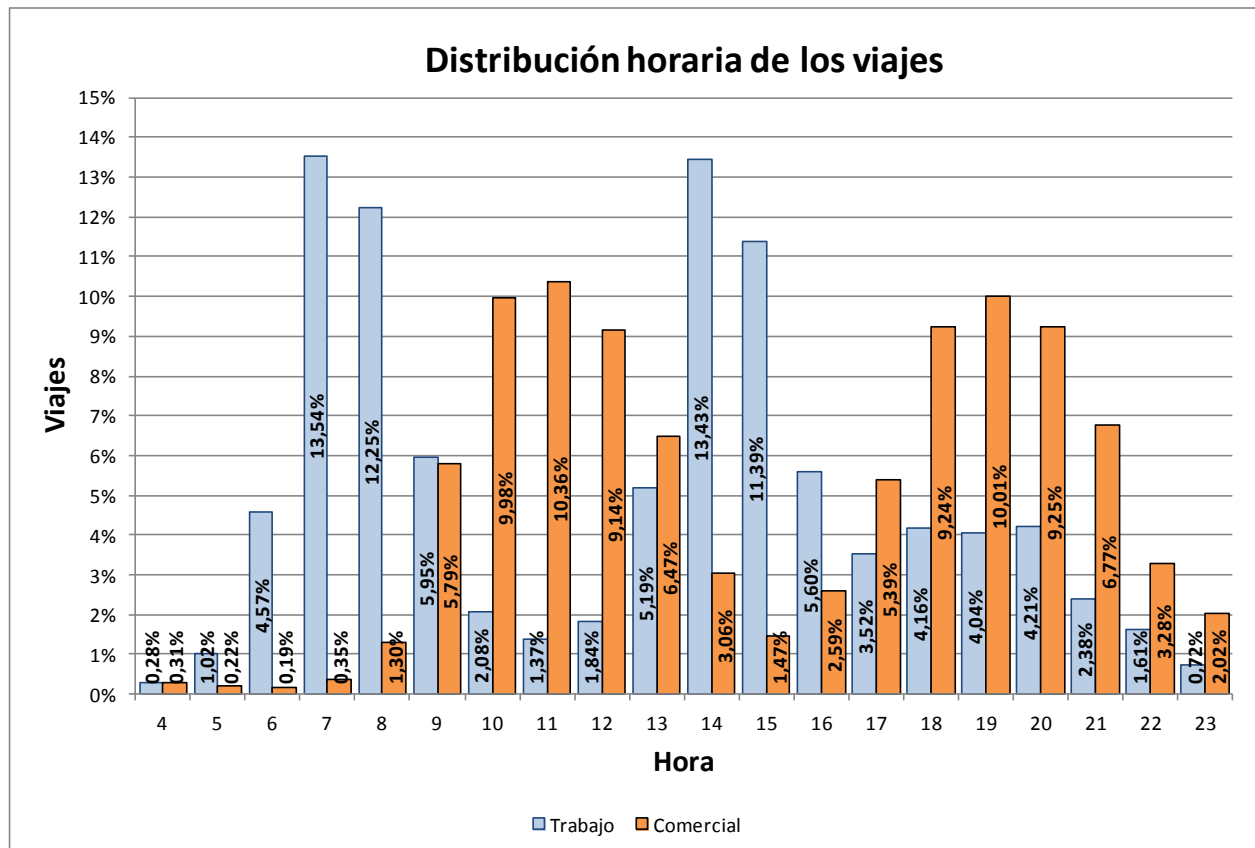


Figura 127: Distribución horaria de la movilidad en el área metropolitana de Sevilla por motivos de trabajo y comerciales (EDM 2007)

De la explotación de los datos se observa que la hora punta de mañana representa el 12,25% de los desplazamientos diarios por motivo de trabajo y el 1,3% de los desplazamientos comerciales. El factor utilizado por CONTORNO S.A. para los desplazamientos para usos del suelo de oficina y sector terciario es ligeramente inferior al valor obtenido a partir de la EDM (diferencia de un 0,25%). Este factor queda compensado por la utilización de un factor superior para los desplazamientos comerciales (2,7% superior a la EDM) por lo que en conjunto se considera que los factores aplicados por CONTORNO S.A. son más que razonables para el objeto del estudio.

Etapla 2: Distribución espacial de los viajes

La técnica empleada por CONTORNO S.A. consiste en la aplicación de un modelo gravitacional que responde a la siguiente formulación:

Ecuación 4: Modelo gravitacional para la distribución de los viajes atraídos por la Torre Pelli

$$T_{ij} = \frac{\alpha \cdot P_i \cdot A_j}{D_{ij}^n} \quad \text{S.a.} \quad \alpha = \frac{1}{\sum_i \frac{P_i}{D_{ij}^n}}$$

Donde:

T_{ij} son los viajes generados por la zona i y atraídos por la zona j

P_i es la población de la zona i

A_j es la atracción de la zona j .

α es un factor de ponderación para verificar que $\sum_i T_{ij} = A_j$

D_{ij} es la distancia de la zona i a la zona j

n es el coeficiente de fricción espacial

CONTORNO S.A. utiliza como coeficiente de fricción el valor de 1,5 indicando que “es el valor más adecuado para desplazamientos metropolitanos”. El modelo se ha realizado por macrozonas, considerando cada uno de los municipios como una macrozona a excepción de Sevilla capital, que se ha desagregado por distritos. La población utilizada para la distribución corresponde a los datos facilitados por el Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) para el año 2013, entendiendo que estos valores son próximos a los valores poblacionales para cuando el complejo Torre Pelli se ponga en servicio. En la siguiente tabla se recogen los resultados del modelo gravitacional.

Tabla 30: Distribución de viajes Torre Pelli en hora punta de mañana por macrozonas

MACROZONA	POBLACIÓN	DISTANCIA	P/D ^{1,5}	VIAJES
Palmera - Bellavista	40.833	11,6	1033,533	27,1
Triana	49.593	3,5	7573,878	198,8
Norte	74.463	6,4	4599,076	120,7
Este - Alcosa - Torreblanca	102.169	10,9	2839,092	74,5
Los Remedios	25.050	4,6	2539,048	66,6
Cerro - Amate	89.741	14,2	1677,098	44,0
Macarena	76.021	4,6	7705,429	202,2
Casco Histórico	59.721	3,1	10941,693	287,1
San Pablo - Santa Justa	61.606	6,9	3398,986	89,2
Sur	72.910	12,9	1573,630	41,3
Nervión	51.154	6,8	2884,803	75,7

Albaida del Aljarafe	3.084	16,9	44,390	1,2
Alcalá de Guadaira	73.876	21,8	725,803	19,0
Alcalá del Río	11.620	20,4	126,113	3,3
La Algaba	14.642	14,9	254,578	6,7
Almensilla	5.814	18,6	72,478	1,9
Aznalcázar	4.257	27,3	29,844	0,8
Aznalcóllar	6.200	37,5	26,999	0,7
Benacazón	7.144	20,3	78,108	2,0
Bollullos de la Mitación	9.882	15,7	158,853	4,2
Bormujos	20.681	9,6	695,288	18,2
Brenes	12.897	25,8	98,415	2,6
Camas	26.535	5,9	1851,574	48,6
Carmona	28.793	37,5	125,383	3,3
Carrión de los Céspedes	2.524	32,5	13,623	0,4
Castilleja de Guzmán	2.858	6,5	172,462	4,5
Castilleja de la Cuesta	17.474	8,4	717,750	18,8
Castilleja del Campo	650	34,1	3,264	0,1
Coria del Río	30.115	17,3	418,518	11,0
Dos Hermanas	129.719	18,7	1604,136	42,1
Espartinas	14.485	13	309,032	8,1
Gelves	9.591	10,3	290,140	7,6
Gerena	7.207	26	54,362	1,4
Gines	13.299	11,5	341,014	8,9
Guillena	12.328	20,7	130,899	3,4
Huévar del Aljarafe	2.742	26,5	20,100	0,5
Isla Mayor	2.742	42,5	9,897	0,3
Mairena del Alcor	22.328	34,1	112,129	2,9
Mairena del Aljarafe	43.305	10,5	1272,782	33,4
Olivares	9.568	18	125,289	3,3
Palacios y Villafranca (Los)	37.936	33	200,115	5,3
Palomares del Río	7.839	15,6	127,225	3,3
Pilas	14.058	32,9	74,495	2,0
Puebla del Río (La)	12.207	19,5	141,761	3,7
Rinconada (La)	37.755	12,5	854,298	22,4
Salteras	5.449	11,2	145,375	3,8
San Juan de Aznalfarache	21.801	6	1483,370	38,9
Sanlúcar la Mayor	12.485	23,1	112,453	3,0
Santiponce	8.382	8,2	356,966	9,4
Tomares	24.346	6,6	1435,859	37,7
Umbrete	8.512	15	146,519	3,8
Utrera	52.013	36,5	235,870	6,2
Valencina de la Concepción	7.986	8,7	311,208	8,2
Villamanrique de la Condesa	4.359	39,3	17,693	0,5
Villanueva del Ariscal	6.244	15,5	102,321	2,7
Viso del Alcor (El)	19.099	33,4	98,944	2,6
TOTAL			62493,962	1640,0
$\alpha = 1640 / 62493,962$			0,026	

Contraste de hipótesis de la Etapa 2:

La EDM de 2007 presenta poca significancia estadística a nivel de zona de transporte. En las proximidades a la Torre Pelli se sitúan importantes centros laborales de características similares al nuevo desarrollo como son Torre Triana, Wold Trade Center y el Pabellón de la Navegación. Según la EDM, la atracción de viajes a esta zona de transporte y en hora punta de la mañana asciende sólo de 88 viajes, de los que 70 de ellos son intrazonales. De estos datos se concluye que la EDM no puede ser utilizada de forma directa para calcular la matriz de distribución de los viajes generados y atraídos por la Torre Pelli, pero sí permite obtener patrones espaciales de movilidad que faciliten su estimación.

En el siguiente gráfico se muestra el histograma de viajes según la distancia de la EDM de 2007 para el total de Área Metropolitana. En el mismo gráfico se muestran las expresiones de las funciones de impedancia potencial y exponencial que mejor se ajustan a los datos.

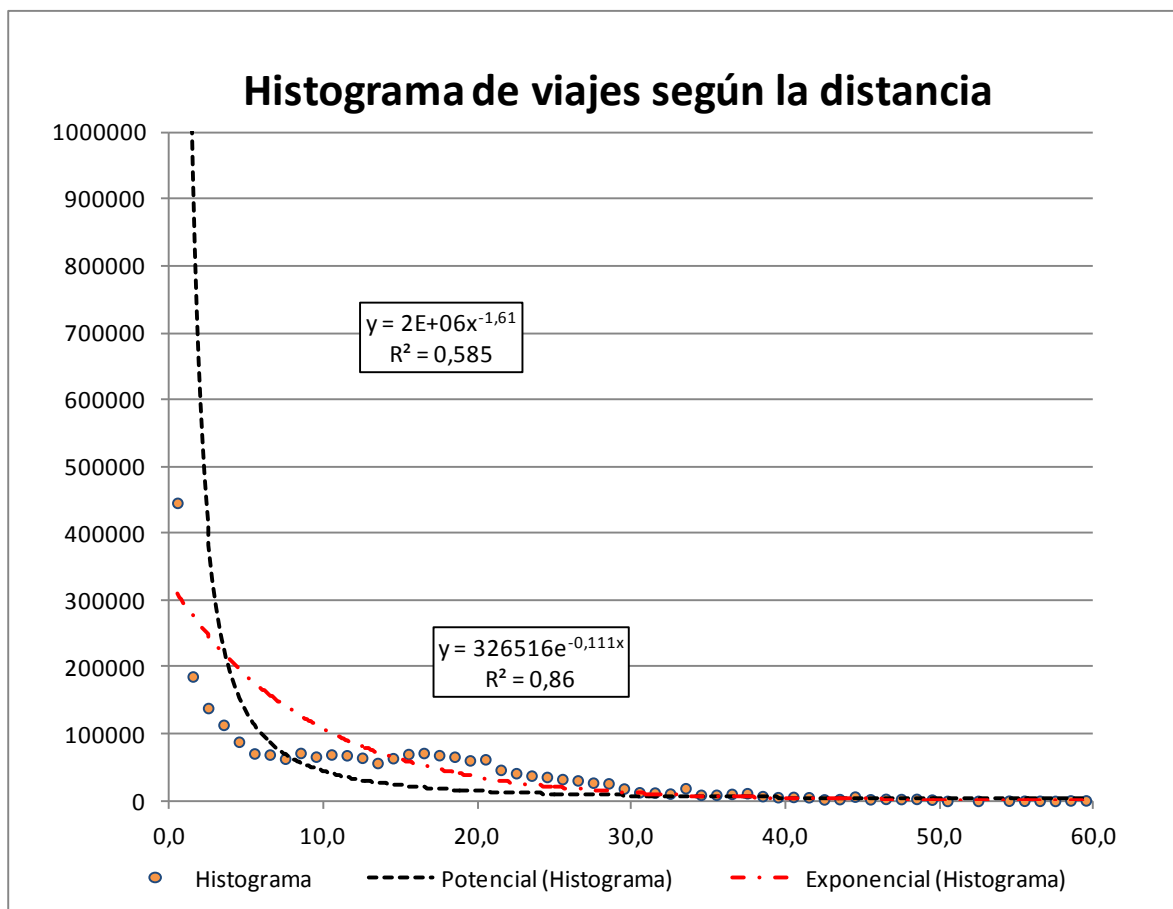


Figura 128: Histograma de viajes vs. Distancia en el Área Metropolitana de Sevilla (EDM 2007)

Aplicando las diferentes expresiones de la función de impedancia al modelo gravitacional, obtenemos la siguiente distribución de los viajes en hora punta de mañana.

Tabla 31: Comparativa de la distribución de viajes en estudio de CONTORNO SA frente a EDM 2007

MACROZONA	POBLACIÓN	DISTANCIA	POTENCIAL CONTORNO SA	POTENCIAL EDM	EXPONENCIAL EDM
Palmera - Bellavista	40.833	11,6	27,1	25,3	41,4
Triana	49.593	3,5	198,8	211,2	123,6
Norte	74.463	6,4	120,7	120,0	134,5
Este - Alcosa - Torreblanca	102.169	10,9	74,5	69,9	112,0
Los Remedios	25.050	4,6	66,6	68,7	55,3
Cerro - Amate	89.741	14,2	44,0	40,1	68,2
Macarena	76.021	4,6	202,2	208,5	167,7
Casco Histórico	59.721	3,1	287,1	309,2	155,6
San Pablo - Santa Justa	61.606	6,9	89,2	88,0	105,3
Sur	72.910	12,9	41,3	38,0	64,0
Nervión	51.154	6,8	75,7	74,8	88,4
Albaida del Aljarafe	3.084	16,9	1,2	1,0	1,7
Alcalá de Guadaira	73.876	21,8	19,0	16,5	24,2
Alcalá del Río	11.620	20,4	3,3	2,9	4,4
La Algaba	14.642	14,9	6,7	6,1	10,3
Almensilla	5.814	18,6	1,9	1,7	2,7
Aznalcázar	4.257	27,3	0,8	0,7	0,8
Aznalcóllar	6.200	37,5	0,7	0,6	0,4
Benacazón	7.144	20,3	2,0	1,8	2,8
Bollullos de la Mitación	9.882	15,7	4,2	3,8	6,4
Bormujos	20.681	9,6	18,2	17,3	26,2
Brenes	12.897	25,8	2,6	2,2	2,7
Camas	26.535	5,9	48,6	48,7	50,7
Carmona	28.793	37,5	3,3	2,7	1,6
Carrión de los Céspedes	2.524	32,5	0,4	0,3	0,3
Castilleja de Guzmán	2.858	6,5	4,5	4,5	5,1
Castilleja de la Cuesta	17.474	8,4	18,8	18,2	25,3
Castilleja del Campo	650	34,1	0,1	0,1	0,1
Coria del Río	30.115	17,3	11,0	9,8	16,2
Dos Hermanas	129.719	18,7	42,1	37,2	59,8
Espartinas	14.485	13	8,1	7,5	12,6
Gelves	9.591	10,3	7,6	7,2	11,2
Gerena	7.207	26	1,4	1,2	1,5
Gines	13.299	11,5	8,9	8,3	13,6
Guillena	12.328	20,7	3,4	3,0	4,6
Huévar del Aljarafe	2.742	26,5	0,5	0,4	0,5
Isla Mayor	2.742	42,5	0,3	0,2	0,1
Mairena del Alcor	22.328	34,1	2,9	2,4	1,9
Mairena del Aljarafe	43.305	10,5	33,4	31,4	49,6
Olivares	9.568	18	3,3	2,9	4,8
Palacios y Villafranca (Los)	37.936	33	5,3	4,4	3,6
Palomares del Río	7.839	15,6	3,3	3,0	5,1
Pilas	14.058	32,9	2,0	1,6	1,3
Puebla del Río (La)	12.207	19,5	3,7	3,3	5,2
Rinconada (La)	37.755	12,5	22,4	20,7	34,7
Salteras	5.449	11,2	3,8	3,6	5,8
San Juan de Aznalfarache	21.801	6	38,9	39,0	41,2

Sanlúcar la Mayor	12.485	23,1	3,0	2,5	3,5
Santiponce	8.382	8,2	9,4	9,1	12,4
Tomares	24.346	6,6	37,7	37,3	43,0
Umbrete	8.512	15	3,8	3,5	5,9
Utrera	52.013	36,5	6,2	5,1	3,3
Valencina de la Concepción	7.986	8,7	8,2	7,9	11,2
Villamanrique de la Condesa	4.359	39,3	0,5	0,4	0,2
Villanueva del Ariscal	6.244	15,5	2,7	2,4	4,1
Viso del Alcor (El)	19.099	33,4	2,6	2,2	1,7
TOTAL			1640,0	1640,0	1640,0

De las diferentes soluciones aplicadas, se observa que los resultados de los dos modelos de funciones potenciales son similares y las diferencias tienen poca relevancia en el estudio. Sin embargo, el modelo exponencial tiende a mayorar los viajes de media y larga distancia. Teniendo en cuenta que el vehículo privado cobra mayor peso para desplazamientos intermunicipales y de larga distancia, la solución propuesta por CONTORNO S.A. tiende a reducir el impacto de la Torre Pelli sobre el tráfico en la zona.

Etapas 3: Reparto modal

Para la estimación del reparto Modal, CONTORNO S.A. divide el área de estudio en dos ámbitos, el término municipal de Sevilla, y el resto del área metropolitana.

Los porcentajes de reparto modal por ámbito se han calculado a partir de los datos de la EDM de 2007 y del estudio de Investigación sobre el uso de la bicicleta en Sevilla, en el año 2011. Este estudio pretende complementar la EDM con la nueva movilidad ciclista captada tras el desarrollo de las infraestructuras para el uso de la bici, como es la amplia red de carriles existentes en la ciudad y la puesta en servicio del SEVICI. La siguiente tabla recoge los porcentajes de reparto modal aplicados por CONTORNO S.A.:

Tabla 32: Porcentaje de reparto modal por ámbitos en estudio de CONTORNO S.A.

REPARTO MODAL POR ÁMBITOS		
	SEVILLA CAPITAL	RESTO ÁREA METROPOLITANA
Vehículo privado	56 %	73 %
Transporte público	35 %	25 %
Bicicleta	9 %	3 %

Aplicados los porcentajes de reparto modal a los viajes calculados en las etapas anteriores, el resultado obtenido es el siguiente:

Tabla 33: Reparto modal de los viajes por ámbitos

REPARTO MODAL POR ÁMBITOS			
	SEVILLA CAPITAL	RESTO ÁREA METROPOLITANA	Total
Vehículo privado	687	301	989
Transporte público	429	103	533
Bicicleta	110	12	123
Total	1.227	413	1.640

Estos resultados difieren de los valores que finalmente obtiene CONTORNO S.A. en su estudio. La movilidad en vehículo privado calculada aplicando los coeficientes de reparto modal resulta en 989 viajes en hora punta, mientras que en estudio la incrementan a 1.065 viajes.

Contraste de hipótesis de la Etapa 3:

En primer lugar, indicar que el estudio mayor los viajes en vehículo privado que se obtendrían de aplicar directamente los coeficientes de reparto modal obtenidos de las fuentes de información utilizadas. En el documento no se explica esta discrepancia, de hecho, el valor de 989 viajes no aparece en ninguna parte del documento y es un valor obtenido a partir de sus datos.

Extrayendo los datos de la EDM del 2007 para los viajes por motivos trabajo, compras y restauración, y agregándolos por ámbitos y modos de transporte se obtienen los siguientes coeficientes de reparto.

Tabla 34: Reparto modal de los viajes por ámbitos según EDM

REPARTO MODAL ENTRE ÁMBITOS POR MOTIVOS TRABAJO Y COMPRAS					
RELACIÓN ENTRE ÁMBITOS	VIAJES	PEATÓN	BICI	VEH. PRIVADO	TTE. PÚBLICO
SEVILLA - SEVILLA	734.687	32,4%	3,5%	46,3%	17,9%
AREA METROPOLITANA - SEVILLA	327.464	1,6%	0,3%	85,0%	13,1%
ÁREA METROPOLITANA – ÁREA METROPOLITANA	583.080	25,9%	0,9%	51,1%	1,4%
REPARTO MODAL ENTRE ÁMBITOS POR MOTIVOS TRABAJO Y COMPRAS EN MODOS MECANIZADOS					
RELACIÓN ENTRE ÁMBITOS	VIAJES		BICI	VEH. PRIVADO	TTE. PÚBLICO
SEVILLA - SEVILLA	496.967		5,1%	68,4%	26,5%
AREA METROPOLITANA - SEVILLA	322.337		0,3%	86,4%	13,3%
ÁREA METROPOLITANA – ÁREA METROPOLITANA	392.681		1,3%	75,6%	2,1%

Comparando los datos extraídos directamente de la EDM con los calculados por CONTORNO S.A., se observa como aspectos destacados los siguientes:

- La movilidad peatonal tiene un peso muy importante en la movilidad del Área Metropolitana de Sevilla. Esta movilidad no ha sido considerada en los datos de CONTORNO S.A., dando mayor peso a la movilidad mecanizada que quedaría del lado conservador para el estudio de impactos sobre el tráfico.
- CONTORNO S.A. supone en todos los casos un mayor uso del transporte público a los obtenidos de la encuesta.
- En los desplazamientos entre el resto del Área Metropolitana y Sevilla Capital, el porcentaje de uso del vehículo privado según la EDM es mayor al indicado por CONTORNO S.A.

Suponiendo el caso más desfavorable, en el que no se considere la movilidad peatonal, y suponiendo que los factores extraídos de la EDM son generalizables para las relaciones entre ámbitos, el resultado que se obtendría es el siguiente.

Tabla 35: Reparto modal de los viajes por ámbitos según EDM 2007

REPARTO MODAL POR ÁMBITOS SEGÚN EDM 2007			
	SEVILLA CAPITAL	RESTO ÁREA METROPOLITANA	Total
Vehículo privado	839	357	1.196
Transporte público	325	55	380
Bicicleta	63	1	64
Total	1.227	413	1.640

Los resultados obtenidos por ambas estrategias no dejan de ser aproximaciones muy simplistas en las que se consideran valores medios para ámbitos de grandes dimensiones. Metodologías más extendidas utilizan funciones de utilidad asociadas a cada una de las alternativas disponibles para cada desplazamiento (tiempo, coste, disponibilidad de vehículo propio, disponibilidad de aparcamiento, proximidad de las paradas de transporte público, etc.). Desarrollar estas metodologías sobrepasa los objetivos del proyecto, por lo que el contraste se va a realizar sobre ambas aproximaciones.

Aplicando directamente los ratios de la EDM se obtendrían 141 viajes más en modo mecanizado privado que los calculados por CONTORNO S.A., sin embargo hay que tener en cuenta que en ninguno de los dos casos se ha considerado la movilidad peatonal ni tampoco el índice de ocupación de los vehículos. Estos dos hechos no pueden ser despreciados y supondrían una reducción de la movilidad mecanizada y del número de vehículos en circulación, es por ello que se toman como válidos los resultados obtenidos por CONTORNO S.A..

Etapas 4: Asignación

Una vez obtenidas las matrices de vehículos entre los diferentes ámbitos territoriales (municipios del área metropolitana y distritos de Sevilla) y la Torre Pelli, lo que se busca es determinar cómo dichas relaciones se traducen en movimientos de vehículos en área de estudio.

CONTORNO S.A. ha utilizado para esta etapa un software comercial que permite la asignación de matrices de viajes a una red de transporte. La red utilizada es una simplificación de las vías de mayor jerarquía en el área metropolitana de Sevilla y cuyo grafo se muestra en la siguiente imagen.

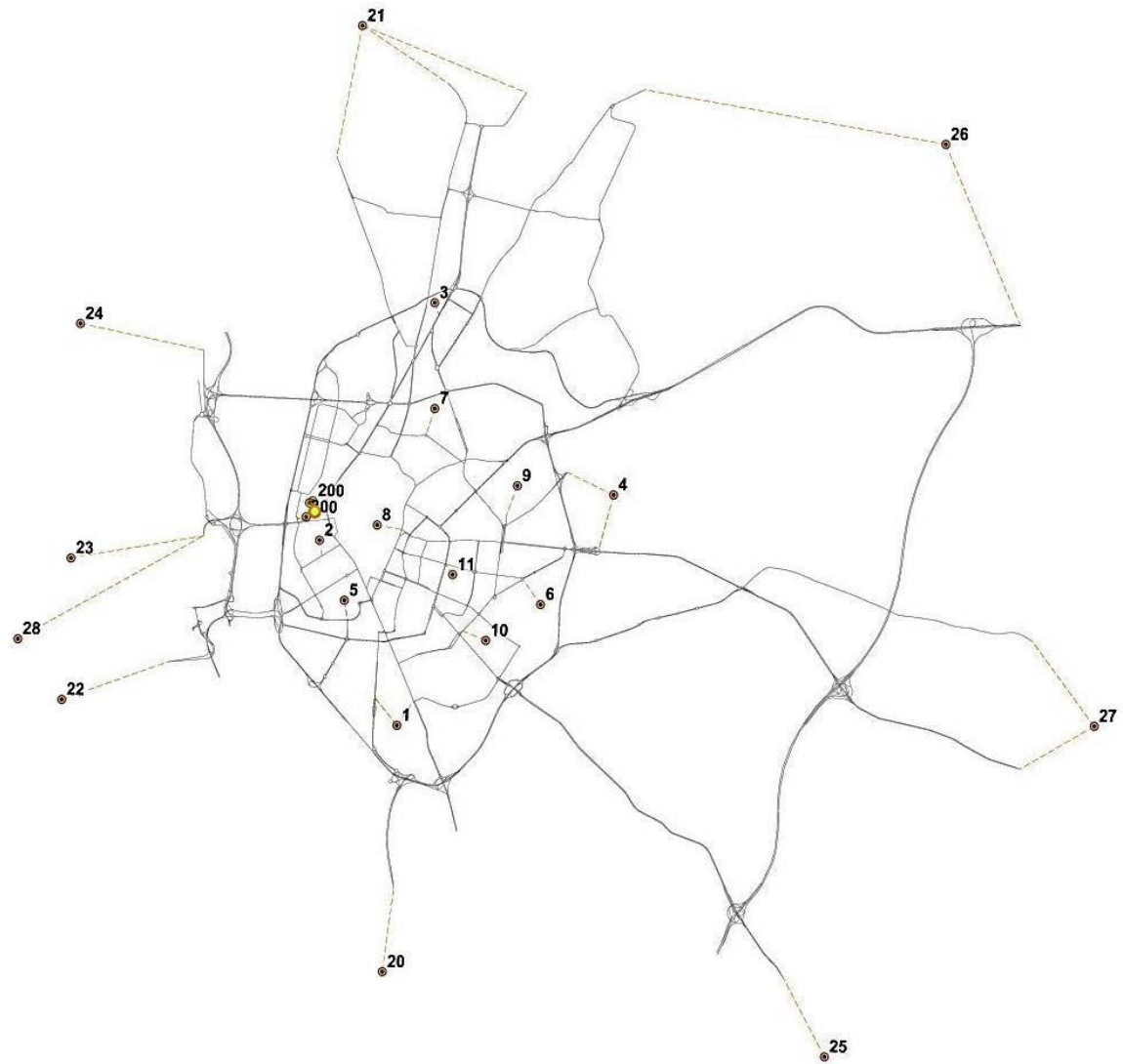
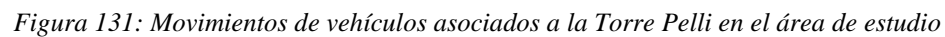


Figura 129: Red de transportes utilizada por CONTORNO S.A. para la asignación de vehículos

		DESTINO					
		1	2	3	4	5	6
ORIGEN	1		0	0	0	0	226
	2	0		0	0	0	60
	3	0			0		
	4	0	0	0		0	250
	5	104	7	0	0		0
	6	0	0	0	91	0	



Dados los bajos niveles de congestión que generaría asignar sólo la matriz de viajes de la Torre Pelli sobre la red de transporte, ambas metodologías dan respuestas similares, por lo que se considera como válida la asignación realizada por CONTORNO S.A.

Tras haber analizado y contrastado cada etapa del estudio de movilidad desarrollado por CONTORNO S.A, se concluye que los resultados que de él se extraen son válidos. Por lo tanto, la matriz de vehículos en el área de estudio tras la puesta en servicio de la Torre Pelli será la suma de la matriz del escenario previo más la estimación de los desplazamientos generados por la puesta en servicio.

Tabla 37: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario con la Torre Pelli

MATRIZ ORIGEN - DESTINO							
	1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	0	635	225	2070	121	226	3277
2	393	0	47	163	125	60	788
3	318	0	0	153	0	0	471
4	1052	324	55	0	230	250	1911
5	191	7	0	200	0	0	398
6	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1954	966	327	2586	476	536	

ANEXO II: MODELO MICROSCÓPICO DE TRANSPORTE PÚBLICO

A.II.1 INTRODUCCIÓN

En este anexo se pretende valorar el impacto de la actuación del área intermodal sobre el comportamiento del tráfico. Para ello, se han generado tres modelos microscópicos utilizando la demanda estimada con el incremento ocasionado por la Torre Pelli. El primer modelo consiste en el diseño y situación actual (escenario base), mientras que los otros dos representan el diseño de cada alternativa del área intermodal. Es necesario que todos los modelos sean homogéneos con el fin de comparar los parámetros de cada alternativa con el escenario base.

Para la generación de los modelos se ha utilizado el software Transmodeler, que es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. Puede simular toda clase de redes viales, desde autopistas hasta calles de centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Permite simular el comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red. Además, permite determinar los recorridos de los vehículos aplicando asignación dinámica de tráfico a tablas de origen y destino de viajes.

TransModeler simula el comportamiento de cada vehículo cada décima de segundo. Los vehículos pueden variar sus características físicas y técnicas y puede ser adecuado a las necesidades del usuario. Se simula concretamente la aceleración, desaceleración, intervalo entre vehículos, cambios de carril, confluencias e incorporaciones, situaciones que pueden ser afectadas por el comportamiento del conductor, las características del vehículo o geometría de la vía.

A.II.2 GENERACIÓN Y SIMULACIÓN DE LOS MODELOS

Para la generación de cada modelo de microsimulación es necesario preparar la información de entrada correspondiente a cada uno de ellos, diferenciando entre:

- Información estática: este tipo de información se refiere a las características físicas y técnicas de la red. Los parámetros que pertenecen a esta clasificación son: el número de carriles, el ancho de los carriles, el uso de los carriles por cada tipo de vehículo y la ubicación y geometría de las intersecciones.

Información dinámica: esta información se refiere a la demanda del tráfico representada por una matriz de origen-destino. La programación de la red de semáforos también es clasificada como una información dinámica.

A.II.2.1 ESCENARIO BASE

El escenario base, también conocido como escenario tendencial, representa la situación actual de la infraestructura viaria existente y del sistema de transporte previo a la actuación realizada con el área intermodal.

Para recaudar la información correspondiente para la codificación de la red se ha acudido al área de estudio para recoger datos acerca de la geometría y de los movimientos. También se han obtenido datos a partir de la cartografía de la zona. A partir de ellos se ha elaborado el diseño del escenario base mediante el software Transmodeler.



Figura 132: Diseño del escenario base

La herramienta es una simplificación de la realidad que presenta las siguientes limitaciones:

- No permite que los vehículos entren en una intersección si existe la posibilidad de que queden atrapados en ella. Esto provoca que el número de vehículos que entran en la intersección sea menor que en la realidad.
- El comportamiento de los conductores no representa el comportamiento real ante la toma de decisiones y el modo de conducción.

Debido a estas limitaciones ha sido necesario desplazar algunas intersecciones con el fin de lograr una mayor acumulación de vehículos. Otra modificación que se ha llevado a cabo ha sido el aumento del número de carriles en la calle Ronda de Triana en sentido Sur-Norte para lograr que el comportamiento del tráfico en esta vía se aproxime al comportamiento que tiene en la actualidad. Estas modificaciones han sido necesarias para que el modelo funcione y represente una aproximación de la realidad.

En cuanto a la información dinámica, el siguiente paso consiste en introducir los datos obtenidos de la medición de aforos. Para ello, se han definido los centroides de entrada y salida de vehículos enlazados al modelo viario por medio de conectores.



Figura 133: Ubicación de los centroides en el escenario base

A los centroides se le ha asignado la matriz de viajes origen-destino en la que se tiene en cuenta la demanda generada por la Torre Pelli. La obtención de dicha matriz se explica en el Anexo I “Modelos de Transporte”.

Tabla 38: Matriz origen-destino de hora punta de mañana ajustada para el escenario con la Torre Pelli

MATRIZ ORIGEN - DESTINO							
	1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	0	635	225	2070	121	226	3277
2	393	0	47	163	125	60	788
3	318	0	0	153	0	0	471
4	1052	324	55	0	230	250	1911
5	191	7	0	200	0	0	398
6	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1954	966	327	2586	476	536	

También se han añadido las líneas de autobuses urbano e interurbano que dan servicio al área de estudio. Para ello se ha indicado el origen, destino, ubicación de las paradas y frecuencia de paso de cada una de ellas.

Por último el otro parámetro de entrada es la programación semafórica existente en el escenario actual. A continuación se presentan los resultados obtenidos de la medición de tiempos de las fases semafóricas de los semáforos ubicados en el área de estudio. Se tomó el semáforo 1 como referencia y a partir de él se midieron el resto de tiempos.

Tabla 39: Regulación semafórica en el escenario base

	Fase	Tiempo de inicio		Tiempo de fin		Duración fase (s)	Ciclo (s)	Desfase (s)
		Minutos	Segundos	Minutos	Segundos			
semáforo 1	verde	0	31	1	49	78	112	0
	ambar	1	49	1	52	3		
	rojo	1	52	2	23	31		
semáforo 2	verde	8	17	8	36	19	112	18
	ambar	8	36	8	39	3		
	rojo	8	39	10	9	90		
semáforo 3	verde	11	59	12	20	21	112	16
	ambar	12	20	12	23	3		
	rojo	12	23	13	51	88		
semáforo 4	verde	16	12	17	32	80	112	45
	ambar	17	32	17	35	3		
	rojo	17	35	18	4	29		
semáforo 5	verde	28	45	29	21	36	112	14
	ambar	29	21	29	23	2		
	rojo	29	23	29	30	7		
	ambar 2	29	30	30	37	67		
semáforo 6	verde	34	20	34	51	31	112	13
	ambar	34	51	34	54	3		
	rojo	34	54	36	12	78		
semáforo 7	verde	39	57	40	31	34	112	14
	ambar	40	31	40	34	3		
	rojo	40	34	41	49	75		
semáforo 8	verde	47	54	49	14	80	112	43
	ambar	49	14	49	16	2		
	rojo	49	16	49	46	30		
semáforo 9	verde	53	33	54	37	64	112	46
	ambar	54	37	54	40	3		
	rojo	54	40	55	25	45		
semáforo 10	verde	62	11	62	48	37	112	4
	ambar	62	48	62	50	2		
	rojo	62	50	62	59	9		
	ambar 2	62	59	64	3	64		
semáforo 11	verde	69	40	70	15	35	112	5
	ambar	70	15	70	18	3		
	rojo	70	18	71	32	74		
semáforo 12	ambar	78	56	78	58	2	112	29
	rojo	78	58	79	24	26		
	verde	79	24	80	48	84		
semáforo 13	verde	83	26	84	2	36	112	47
	ambar	84	2	84	5	3		
	rojo	84	5	85	18	73		
semáforo 14	verde	88	7	88	47	40	112	104
	ambar	88	47	88	50	3		
	rojo	88	50	89	59	69		
semáforo 15	verde	92	52	93	59	67	112	53
	ambar	93	59	94	2	3		
	rojo	94	2	94	44	42		

La ubicación de cada semáforo se muestra junto con la representación por colores de cada una de las fases.

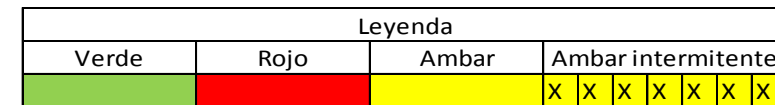
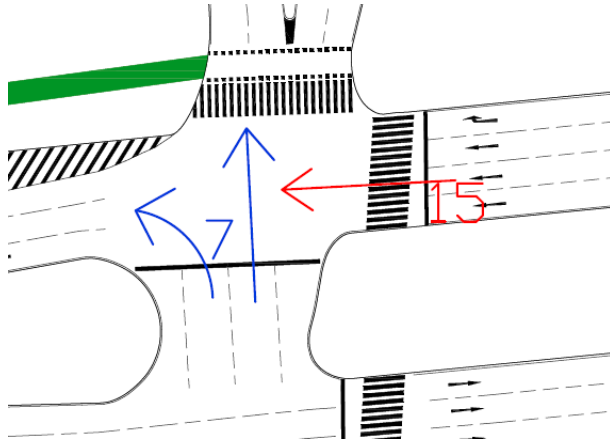


Tabla 40: Fases semaforicas en la intersección 1

[illegible]



Leyenda		
Verde	Rojo	Ambar

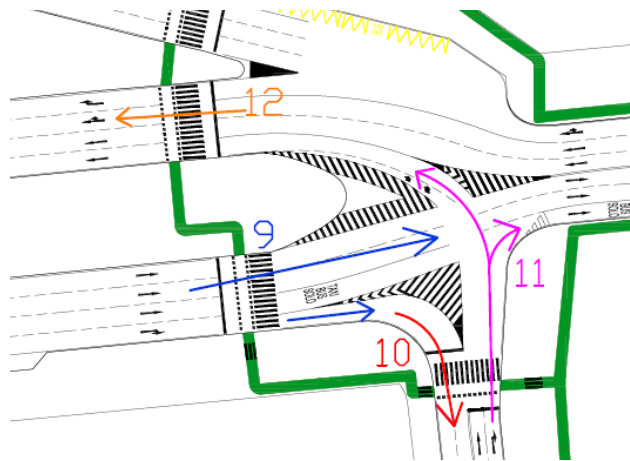
Figura 135: Movimientos regulados en la intersección 2

Tabla 41: Fases semafóricas en la intersección 2

SEMAFOROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
semáforo 7																																							
semáforo 15																																							

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112							



Leyenda							
Verde	Rojo		Ambar		Ambar intermitente		
					X	X	X

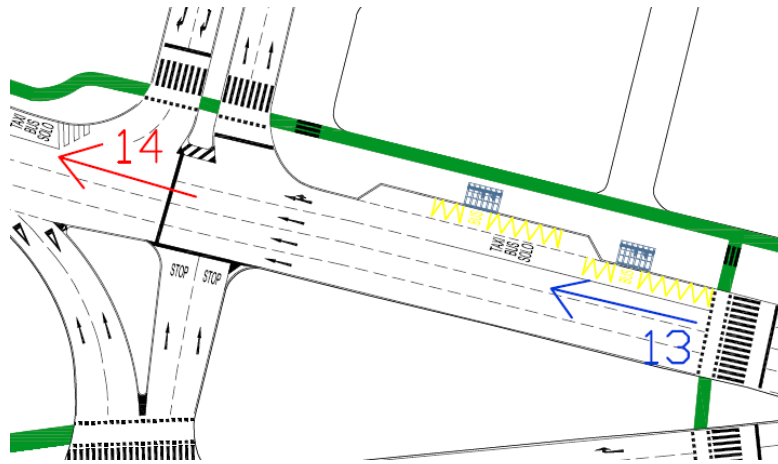
Figura 136: Movimientos regulados en la intersección 3

Tabla 42: Fases semafóricas en la intersección 3

SEMAFOROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
semáforo 9																																							
semáforo 10	X	X	X																																				
semáforo 11																																							
semáforo 12																																							

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112								
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Leyenda		
Verde	Rojo	Ambar

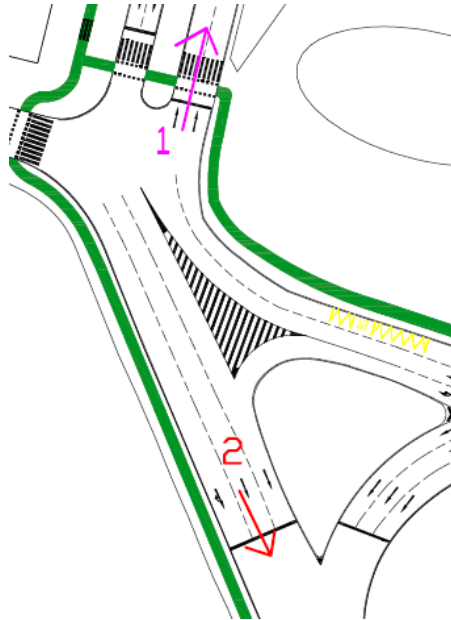
Figura 137: Movimientos regulados en la intersección 4

Tabla 43: Fases semafóricas en la intersección 4

SEMAFOROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
semáforo 13																																							
semáforo 14																																							

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112							



Leyenda		
Verde	Rojo	Ambar

Figura 138: Movimientos regulados en las intersecciones 5 y 6

Tabla 44: Fases semafóricas en las intersecciones 5 y 6

SEMAFOROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
semáforo 1																																							
semáforo 2																																							

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112						

Una vez que se ha introducido toda la información necesaria en el software Transmodeler se ha realizado la microsimulación de este modelo.

Según se observa en la simulación, el escenario presenta tráfico muy denso a la entrada del nodo en dirección Oeste-Este y a la salida de la calle Ronda de Triana.



Figura 139: Detalle de la microsimulación del escenario base en las vías Avda.Expo '92 y Ronda de Triana

Se aprecia que las vías no tienen capacidad suficiente para acumular vehículos lo que provoca que la formación de colas penalice los movimientos principales.



Figura 140: Detalle de la microsimulación del escenario base en el nodo

Se observa que en la vía en sentido Oeste-Este a pesar de estar la fase semafórica en verde, la mayoría de los vehículos no pueden salir del semáforo porque el siguiente tramo está congestionado.

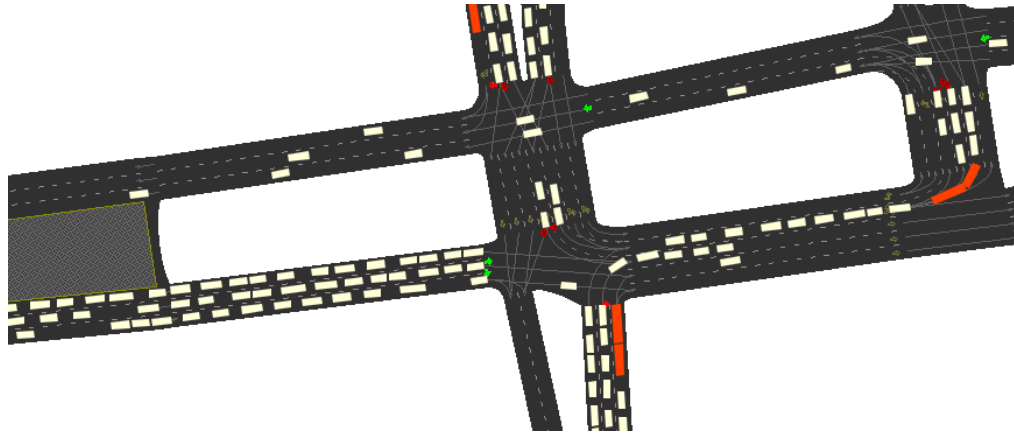


Figura 141: Detalle de la microsimulación del escenario base en la intersección 1

Los resultados obtenidos de la microsimulación del escenario previo son los siguientes:

Tabla 45: Estadísticas globales de la simulación del escenario base relativas a los viajes

	Escenario base
Número de viajes	6927
Longitud de los viajes (km)	1
VKT - Kilómetros por vehículos viajados (km)	6073,1
VHT - Horas por vehículos viajados (hrs)	760,8
Velocidad media (km/hr)	8,8

	Número de viajes
Viajes completos	5497
Viajes incompletos	579
Viajes en cola	851
Viajes totales	6927

A partir de las tablas se deduce que el 21% de los vehículos no finalizan la simulación debido a que ésta ha terminado antes de que llegaran a su destino o debido a que se encontraban en colas.

Otro aspecto negativo que se observa es que la velocidad a la que circulan los vehículos es muy baja, siendo ésta de 8,8 km/h.

Tabla 46: Estadísticas globales de la simulación del escenario base relativas a las demoras

	Escenario base
Demora (hrs)	687,7
Demora media (sec/km)	488,3
Tiempo parado (hrs)	280,1
Tiempo parado medio (sec/km)	229,1
Número de paradas (cientos)	219,4
Número medio de paradas (paradas/km)	3,5

Con los resultados correspondientes a las demoras se pueden calcular los siguientes parámetros:

- Minutos perdidos por cada vehículo: 6 minutos
- Número medio de paradas realizadas por cada vehículo: 3,2 paradas

Tras este análisis se concluye que los resultados obtenidos no son buenos, pues el tiempo empleado para los viajes es elevado debido a que la mayoría de las vías se encuentran en niveles de servicio altos.

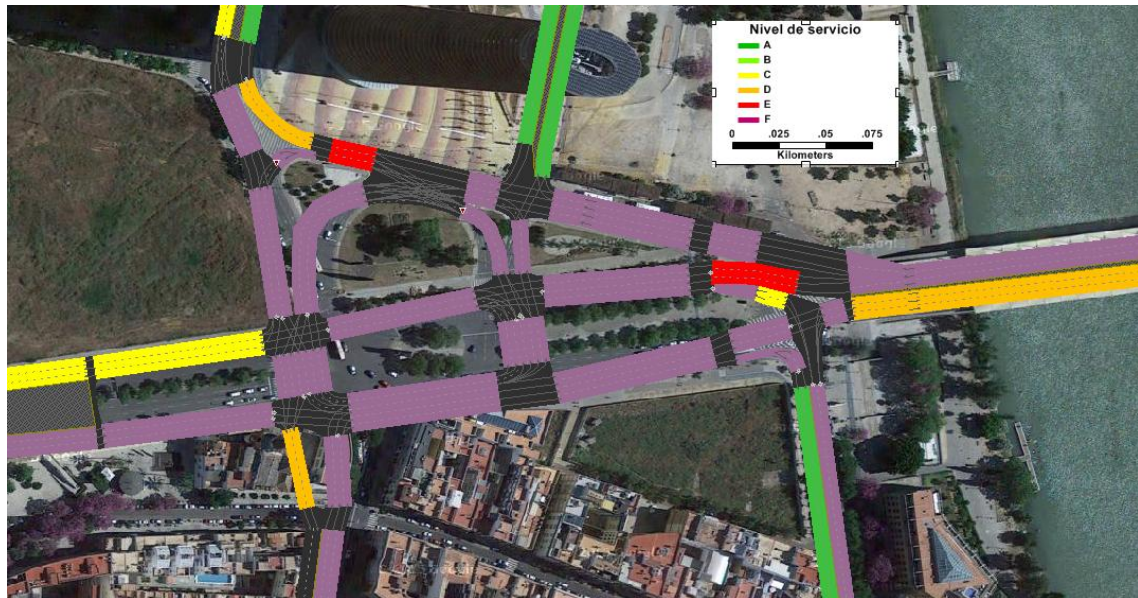


Figura 142: Niveles de servicio de las vías en el escenario base

A.II.2.2 ESCENARIO ÁREA INTERMODAL – ALTERNATIVA 1

Este segundo escenario representa el modelo de la infraestructura viaria del área de estudio con la actuación de la alternativa 1 del área intermodal. Mediante la comparación de los parámetros obtenidos en este escenario con los obtenidos en el escenario tendencial se evalúa el efecto que la actuación tiene sobre el tráfico.

La información de entrada para generar este modelo es la misma que la utilizada en el escenario base, pues ambos modelos sólo se diferencian en la implantación del área intermodal ubicada en la parcela libre cuyo desvío no afecta a la ordenación del tráfico actual. Esto conlleva a que los resultados que se obtienen de este modelo sean muy similares a los obtenidos anteriormente.



Figura 143: Diseño del escenario área intermodal – Alternativa 1

Al igual que en la simulación del escenario base, se observan grandes colas en algunas de las vías que dan acceso al nodo y también en el interior de él, de forma que se ven afectados muchos movimientos.



Figura 144: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 1

Se aprecia que la congestión de la vía de sentido norte-sur impide que los autobuses urbanos que han parado en las inmediaciones de la Torre Pelli puedan incorporarse a dicha vía para dirigirse hacia Triana. Esto conlleva a que aumente considerablemente el tiempo de viaje haciendo que este servicio sea menos atractivo para el usuario.



Figura 145: Detalle de la formación de colas en las vías en el escenario área intermodal – Alternativa 1

A continuación se presenta una tabla en la que se muestran los resultados obtenidos en este escenario en comparación con los resultados del escenario base.

Tabla 47: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 1 relativas a los viajes

	Escenario base	Escenario alternativa 1	Variación (%)
Número de viajes	6927	6974	0,70%
Longitud de los viajes (km)	1	1	0,00%
VKT - Kilómetros por vehículos viajados (km)	6073,1	6043	-0,50%
VHT - Horas por vehículos viajados (hrs)	760,8	784,6	3,10%
Velocidad media (km/hr)	8,8	8,7	-2,20%

Tabla 48: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 1 relativas a las demoras

	Escenario base	Escenario alternativa 1	Variación (%)
Demora (hrs)	687,7	710,6	3,30%
Demora media (sec/km)	488,3	523,3	7,20%
Tiempo parado (hrs)	280,1	300,6	7,30%
Tiempo parado medio (sec/km)	229,1	259,3	13,20%
Número de paradas (cientos)	219,4	232,1	5,80%
Número medio de paradas (paradas/km)	3,5	4	14,20%

Se observa que las variaciones del escenario de la alternativa 1 son casi despreciables respecto de los resultados obtenidos en la simulación del escenario tendencial, por lo que no se analizarán en detalle. Cabe destacar que todos los parámetros relacionados con la demora aumentan en este escenario, por lo que los resultados son incluso peores que los anteriores.

A.II.2.3 ESCENARIO ÁREA INTERMODAL – ALTERNATIVA 2

Este tercer escenario representa el modelo de la infraestructura viaria del área de estudio con la actuación del área intermodal ubicada en el centro del nodo. Al igual que en el caso anterior, mediante la comparación de los parámetros obtenidos en este escenario con los obtenidos en el escenario tendencial se evalúa el efecto que la actuación tiene sobre el tráfico.

En este escenario la información de entrada necesaria para generar el modelo es distinta a la utilizada en los modelos anteriores debido a que la ordenación del tráfico sufre cambios. Para introducir las características físicas de la red se siguen los parámetros indicados en el anexo III “Ordenación del tráfico en el área de estudio” en el apartado “Modificaciones sobre el viario”. Estos parámetros son relativos al número de carriles, ancho del carril, movimientos permitidos, uso de los carriles, etc. A partir de ellos se elabora el diseño del escenario mediante el software Transmodeler.



Figura 146: Diseño del escenario área intermodal – alternativa 2

La ubicación de los centroides y la matriz de origen-destinos son las mismas que las utilizadas en el resto de escenarios. Sin embargo, la regulación semafórica sufre modificaciones debido a la nueva ordenación del tráfico. Para introducir las fases semafóricas de cada intersección se sigue la descripción realizada en el anexo citado anteriormente, en el apartado “Regulación semafórica”.

Una vez introducidos todos los datos necesarios para generar el modelo se procede a la simulación.



Figura 147: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 2

A pesar de que la vía de sentido Oeste-Este sigue muy congestionada, se logra un tráfico fluido en la calle Ronda de Triana y en las vías que rodean el área intermodal.



Figura 148: Detalle de la microsimulación del escenario área intermodal – Alternativa 2 en Ronda de Triana

A continuación se presentan los valores obtenidos de la simulación con el fin de compararlos con los resultados del escenario base y poder evaluar cómo afecta la actuación del área intermodal al tráfico.

Tabla 49: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 2 relativas a los viajes

	Escenario base	Escenario alternativa 2	Variación (%)
Número de viajes	6927	6592	-4,80%
Longitud de los viajes (km)	1	1,2	19,10%
VKT - Kilómetros por vehículos viajados (km)	6073,1	7274,2	19,80%
VHT - Horas por vehículos viajados (hrs)	760,8	613	-19,40%
Velocidad media (km/hr)	8,8	13,3	50,10%

	Escenario base	Escenario alternativa 2	
	Número de viajes	Número de viajes	Variación %
Viajes completos	5497	5594	1,76
Viajes incompletos	579	360	-37,82
Viajes en cola	851	638	-25,03
Viajes totales	6927	6592	-4,84

Tabla 50: Estadísticas globales de la simulación del escenario alternativa 2 relativas a las demoras

	Escenario base	Escenario alternativa 2	Variación (%)
Demora (hrs)	687,7	495,6	-27,90%
Demora media (sec/km)	488,3	275,6	-43,60%
Tiempo parado (hrs)	280,1	127,2	-54,60%
Tiempo parado medio (sec/km)	229,1	63	-72,50%
Número de paradas (cientos)	219,4	172	-21,40%
Número medio de paradas (paradas/km)	3,5	2,5	-28,90%

A pesar de que sigue habiendo niveles de congestión elevados, la alternativa propuesta supone una mejora importante respecto al escenario tendencial según se observa en el siguiente análisis:

- En el escenario base finalizan la simulación un porcentaje de vehículos del 79% respecto de todos los que la inician, mientras que en este escenario finalizan un 85% de vehículos. Por tanto, se consigue que un 6% más de vehículos finalicen la simulación.

- Las velocidades medias ascienden a 13,3 km/h que supone un 50% más que las velocidades medias del escenario base. Este valor alcanzado se aproxima a las velocidades comerciales del transporte público.
- Las pérdidas de tiempo se reducen a 4,5 minutos por vehículo, lo que supone una ganancia de 1,5 minutos por cada usuario.
- El número medio de paradas realizadas por cada vehículo disminuye de 3,2 a 2,6.

Los niveles de servicio no mejoran sustancialmente en el área de estudio, pues las principales vías que rodean al área intermodal se encuentran en el nivel F según se observa en la siguiente figura.



Figura 149: Niveles de servicio de las vías en el escenario área intermodal – Alternativa 2

ANEXO III: ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

A.II.1 MODIFICACIONES SOBRE EL VIARIO

El nuevo escenario presenta importantes modificaciones respecto del escenario previo. Para la explicación de dichas modificaciones se analizan en cada tramo los siguientes aspectos:

- Modificación del número de carriles
- Ordenación del flujo por destinos
- Ubicación de los pasos de peatones y las líneas de detención

Con el objetivo de complementar la información se presentan imágenes de cada tramo en el escenario previo y en el escenario nuevo.

TRAMOS EN SENTIDO OESTE-ESTE Y VICEVERSA

Comenzamos analizando el tramo recto con origen el Nodo Avda.Expo'92 y destino el puente Cristo de la Expiración. En el escenario previo constaba de cuatro carriles de circulación, mientras que en el nuevo escenario ha sido necesario aumentar a seis carriles con el objetivo de garantizar la capacidad de acumulación de vehículos en las fases de semáforo rojo sin que dicha acumulación afecte a los movimientos permitidos.

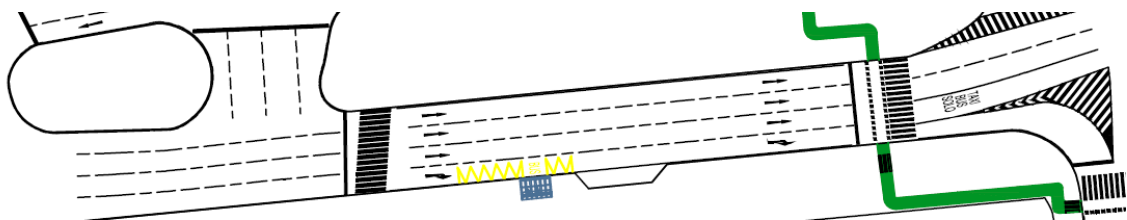


Figura 150: Tramo sentido Oeste-Este en el escenario base

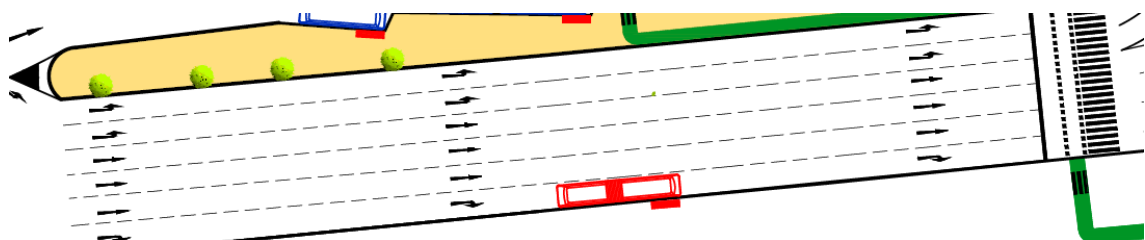


Figura 151: Tramo sentido Oeste-Este en el escenario nuevo

Se han ordenado los carriles según los distintos destinos posibles a los que se puede acceder desde esta vía. De este modo, los dos carriles situados a la izquierda están habilitados para tomar la rotonda cuyos destinos posibles son la Cartuja o dirección Huelva. Los tres carriles consecutivos, situados en el centro de la vía, permiten únicamente continuar en dirección recta hacia el puente Cristo de la Expiración. El carril de la derecha es de giro obligatorio hacia la derecha dirigiéndose hacia la calle Plaza Chapina.

Otro aspecto importante es la eliminación del primer paso de peatones para evitar la formación de colas en la intersección donde finaliza la calle Ronda de Triana. Se ha mantenido el segundo pase de peatones y su correspondiente línea de detención para permitir el cruce de personas y la entrada de otros flujos a la intersección próxima al puente. La posición de dicha línea de detención en un extremo posibilita la acumulación de vehículos en el tramo sin que la formación de colas ocasione conflictos en la intersección donde finaliza la calle Ronda de Triana.

La sección tipo de la esta vía es la siguiente:

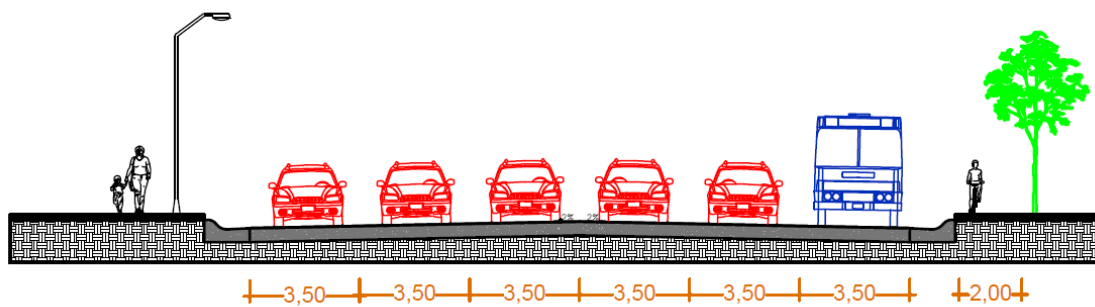


Figura 152: Sección del tramo sentido Oeste-Este en el escenario nuevo

El tramo recto con origen el puente Cristo de la Expiración y destino dirección Huelva está ocupado por la estación intermodal en el escenario nuevo. Por lo tanto, los vehículos que tomaban ese tramo antes, tienen ahora que dirigirse hacia el tramo recto situado más al norte. La eliminación de dicho tramo en el nuevo escenario requiere aumentar tres carriles más al tramo que ahora soporta dicho flujo.

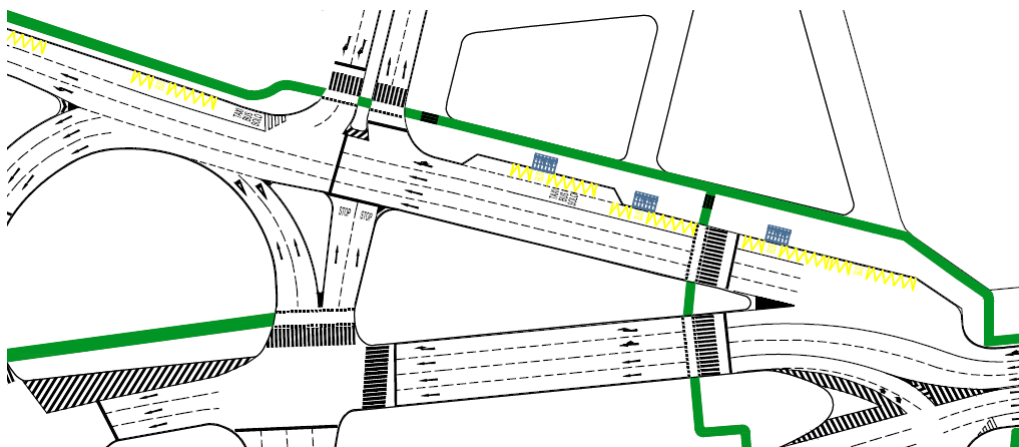


Figura 153: Tramos sentido Este-Oeste en el escenario base

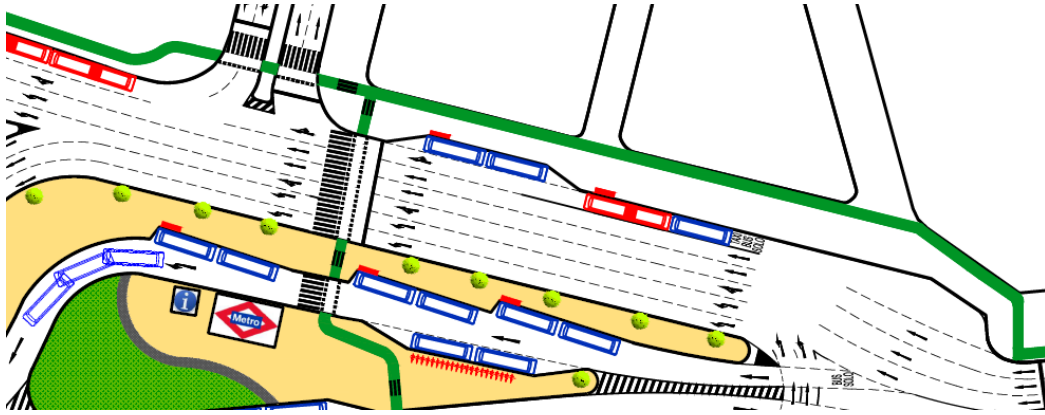


Figura 154: Tramo sentido Este-Oeste en el escenario nuevo

Según lo comentado anteriormente, la sección de la vía en el nuevo escenario está formada por seis carriles cuya ordenación es la siguiente: el carril de la derecha permite continuar recto o girar a la derecha para acceder al parking del complejo de la Torre Pelli; los dos carriles consecutivos obligan a seguir en dirección recta; el siguiente carril permite seguir recto o bien girar hacia la izquierda tomando la próxima bifurcación; y por último, los dos carriles de la izquierda sólo permiten girar hacia la izquierda.

Los destinos posibles en este tramo de vía son los siguientes:

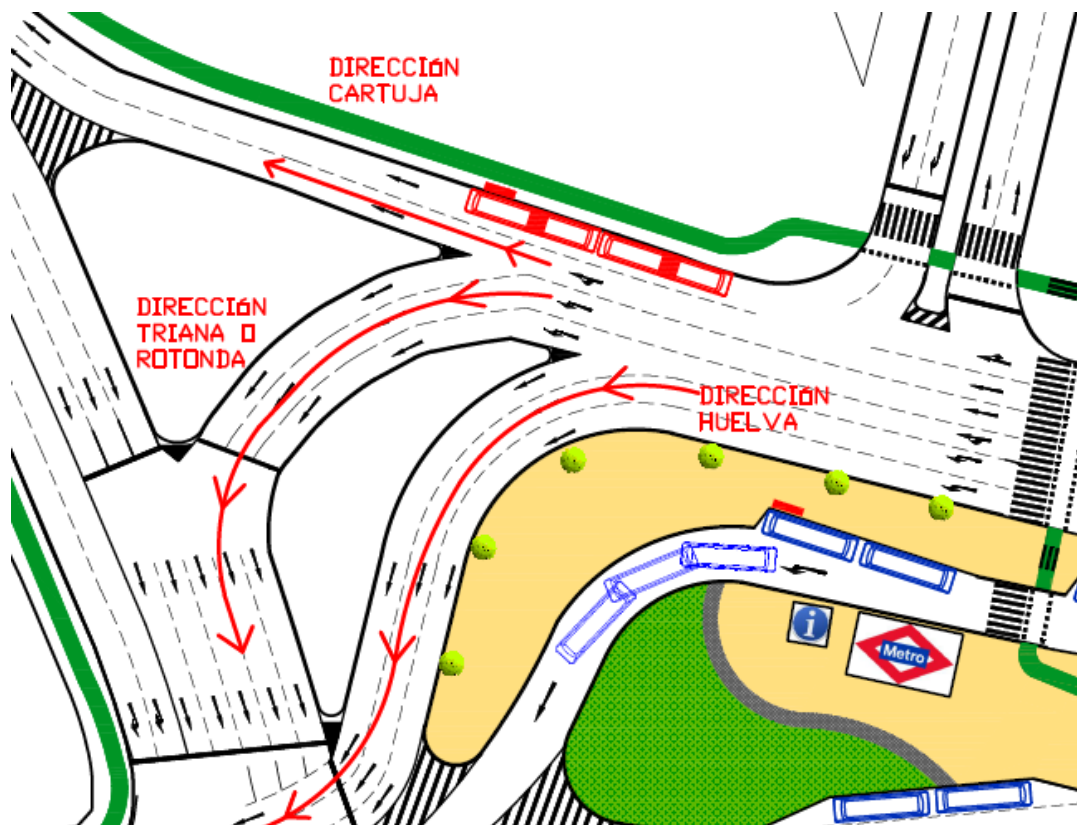


Figura 155: Destinos a los que se puede acceder desde el tramo con sentido Este-Oeste en el nuevo escenario

La ordenación llevada a cabo según los destinos evita que en caso de formarse colas en algunos de los carriles, éstas afecten a los vehículos que se dirigen a otros destinos. Además, cobra gran importancia en la prioridad de paso de cada uno de los destinos, pues permite establecer fases semafóricas priorizando los movimientos principales. Para su correcto funcionamiento se ha comprobado, mediante la herramienta

de simulación Transmodeler, que la longitud del tramo recto es suficiente para que los vehículos puedan realizar los movimientos necesarios para situarse en el carril adecuado según el destino deseado.

A pesar de que para la realización de este proyecto se ha tomado como factor condicionante la demanda en hora punta de mañana, se ha tenido en cuenta que las vías deben tener la capacidad suficiente para soportar la demanda de la tarde. Es por ello que, sin hacer comprobaciones mediante la herramienta de simulación Transmodeler teniendo en cuenta la hora punta de la tarde, se ha dimensionado con tres carriles el tramo con destino Huelva.

En cuanto al paso de peatones y línea de detención, éstos se han desplazado desde un extremo, donde se encontraban en el escenario previo, hasta la mitad del tramo aproximadamente. Esta modificación permite una mayor acumulación de vehículos y la incorporación de los vehículos que salen del parking mediante una regulación semafórica.

TRAMOS EN SENTIDO NORTE-SUR Y VICEVERSA

El tramo con origen la Cartuja y destino dirección sur también ha sufrido importantes modificaciones. En el escenario previo estaba formado por tres carriles que permitían continuar en dirección recta y, además, el carril derecho permitía el giro a la derecha en dirección Huelva.

En el nuevo escenario el número de carriles se ha aumentado a un total de cinco cuyos movimientos permitidos son: los dos carriles de la derecha sólo permiten el giro hacia la derecha, y los tres carriles restantes permiten continuar en dirección recta.

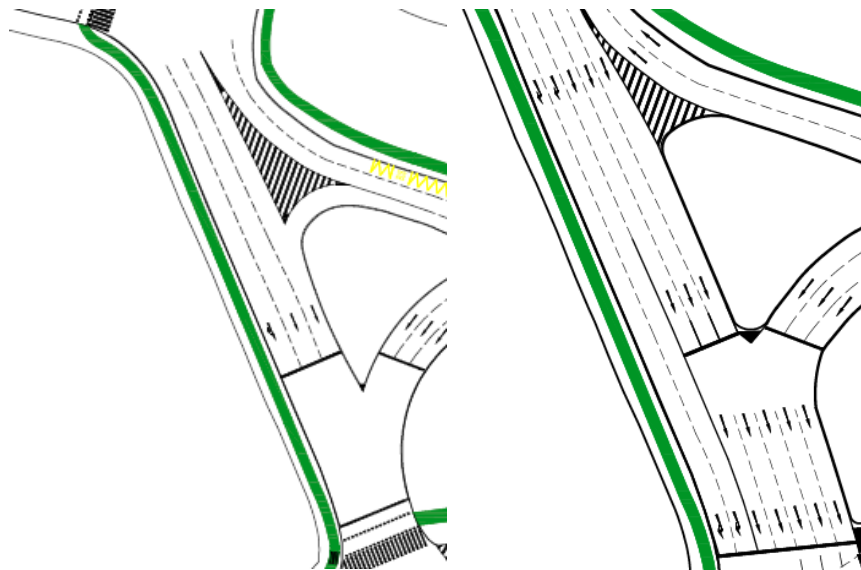


Figura 156: Tramo en sentido Norte-Sur en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2)

Los tres carriles con dirección recta confluyen en un pequeño tramo de cinco carriles, donde también confluyen los tres carriles con dirección Triana o la rotonda. En los cinco carriles, se puede acceder hacia Ronda de Triana desde los dos carriles situados a la derecha, y desde los tres restantes se accede a la rotonda.

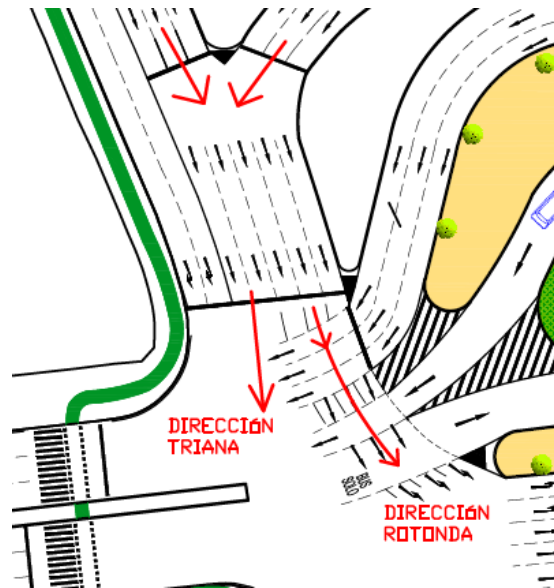


Figura 157: Destinos a los que se puede acceder desde el tramo de cinco carriles

Debido a la complejidad de la intersección y, por lo tanto de las fases semafóricas que la regulan, se ha eliminado el paso de peatones que había en el escenario previo. Los únicos pasos de peatones que permiten el acceso al área intermodal se ubican en los tramos rectos de sentido este-oeste y oeste-este, analizados anteriormente.

La posición que ocupaban los pequeños tramos que permitían la circulación en sentido sur-norte en el interior del nodo se encuentra ocupada por el área intermodal en el nuevo escenario. Dichos movimientos se realizan ahora rodeando la pastilla central por el extremo más próximo al puente.

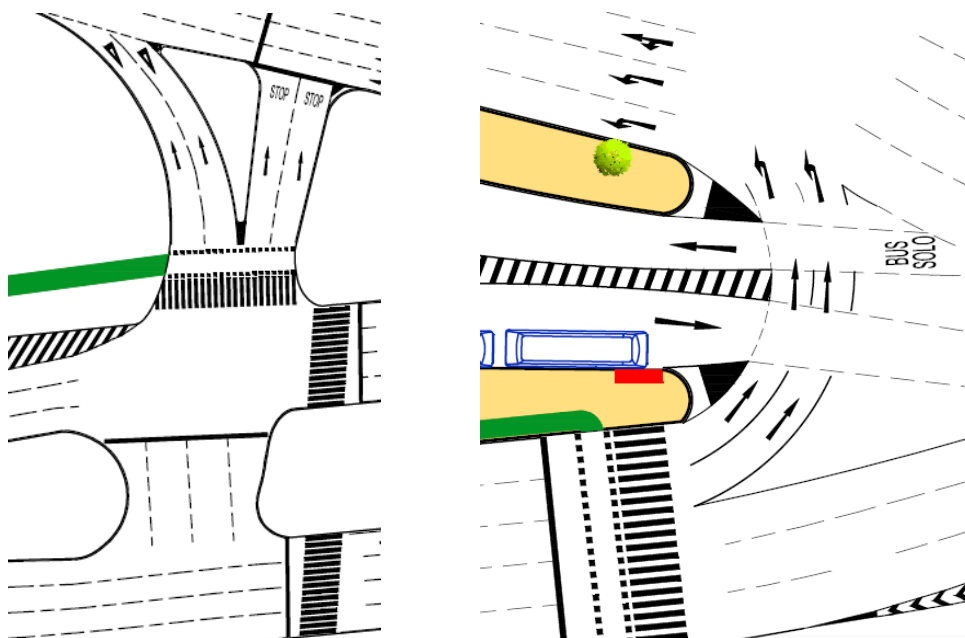


Figura 158: Tramos que permiten el movimiento Sur-Norte en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2)

La última modificación que se ha llevado a cabo sobre el viario es la correspondiente a los movimientos permitidos desde la calle Plaza Chapina. En el escenario previo desde el carril de la izquierda se podía acceder al nodo con destino dirección Huelva, y desde el carril de la derecha se giraba obligatoriamente

hacia el puente Cristo de la Expiración.

En el nuevo escenario sólo se permite que desde ambos carriles se acceda al puente, por lo que se elimina el movimiento con destino dirección Huelva. Las consecuencias de esta decisión se analizarán más adelante.

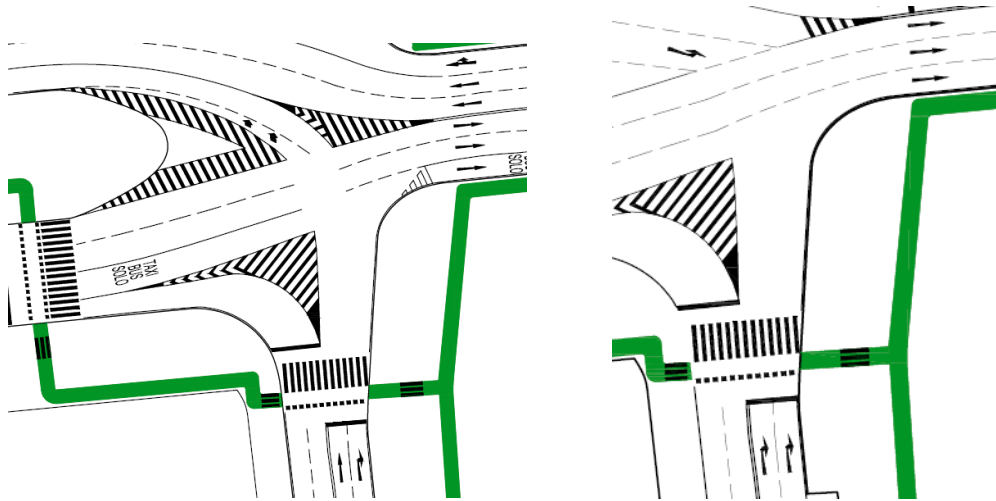


Figura 159: Destinos a los que se accede desde la calle Plaza Chapina en el escenario base (1) y en el escenario nuevo (2)

A continuación se muestran todos los itinerarios que pueden seguir los vehículos en el nuevo escenario según el punto de origen.

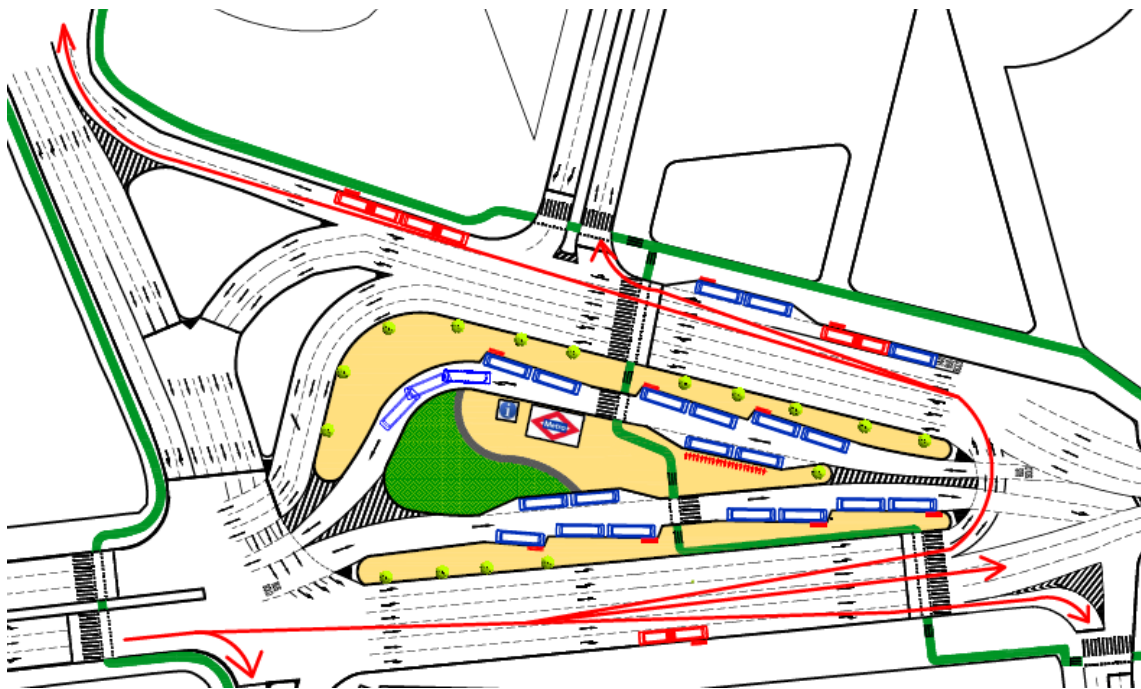


Figura 160: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Avda. Expo'92 en el escenario nuevo

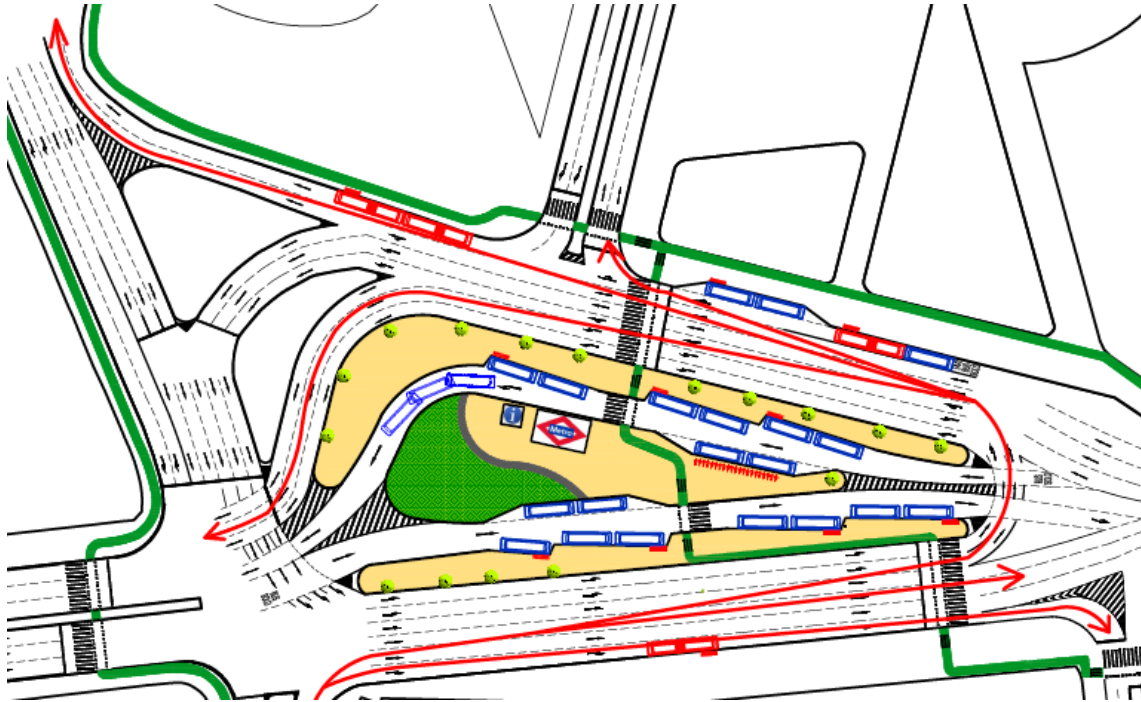


Figura 161: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Ronda de Triana en el escenario nuevo

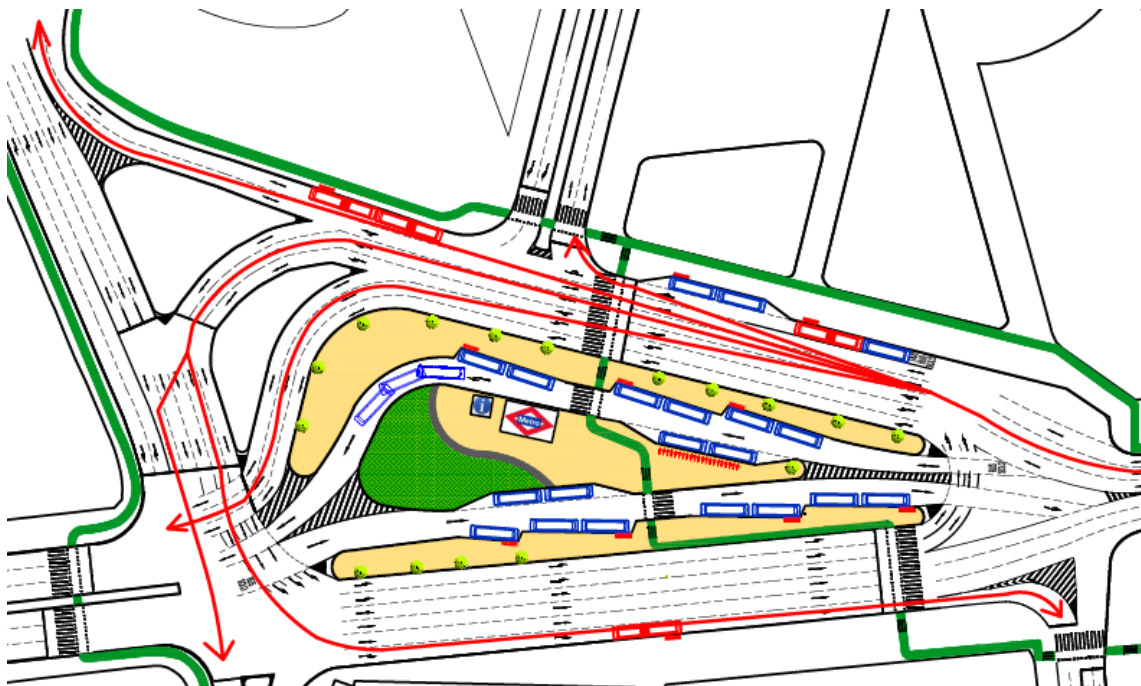


Figura 162: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen el Puente Cristo de la Expiración en el escenario nuevo

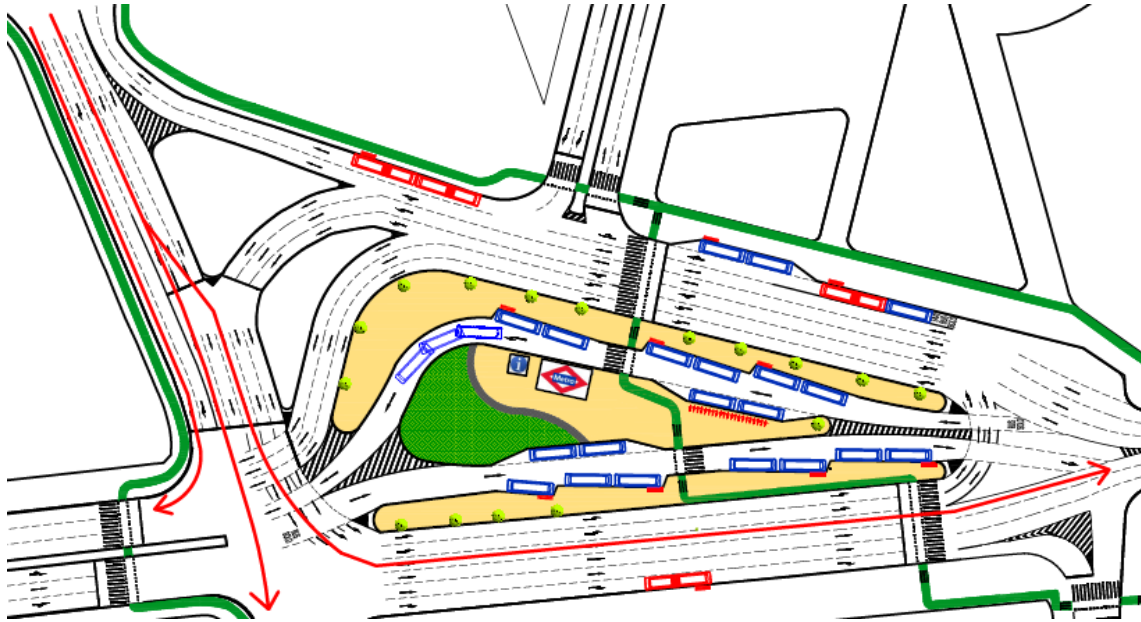


Figura 163: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen la Cartuja en el escenario nuevo

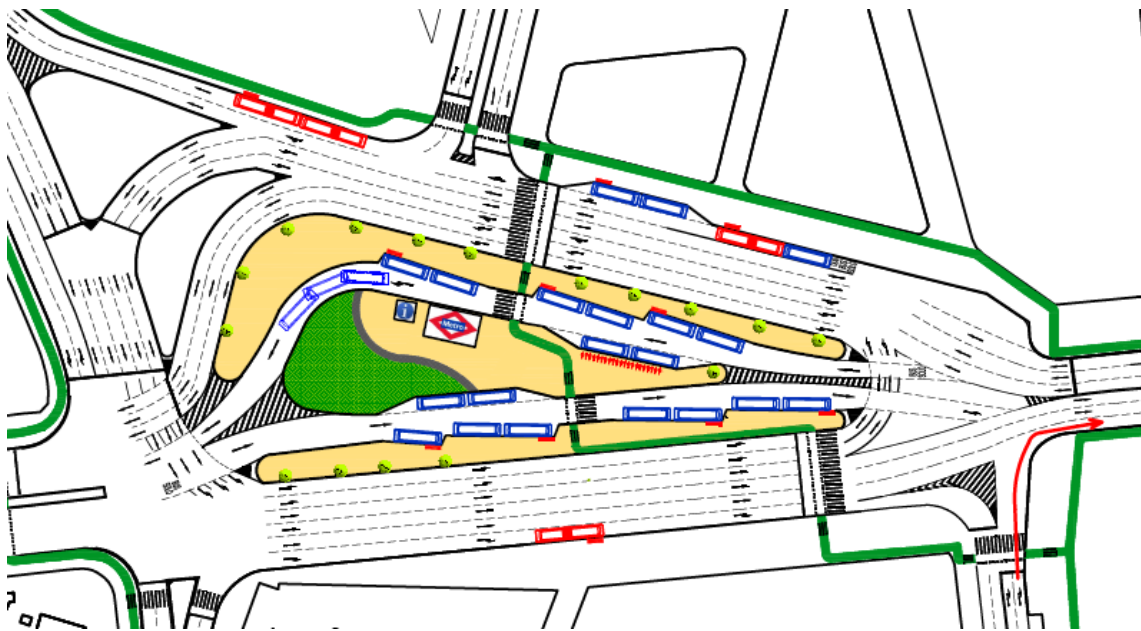


Figura 164: Itinerarios que pueden seguir los vehículos con origen Plaza Chapina en el escenario nuevo

A.III.2 ORDENACIONES ALTERNATIVAS

La solución propuesta permite que en un futuro se lleven a cabo ordenaciones alternativas según las necesidades y prioridades del momento. Las alternativas que a continuación se explican son pruebas distintas de ordenación del tráfico sobre la misma solución del área intermodal. A pesar de que se han descartado al comprobar que funcionan peor que la solución elegida, demuestran que sobre la alternativa seleccionada para la ubicación del área intermodal caben diferentes opciones para la ordenación del tráfico. Por lo tanto, la solución no condena la intersección a un único diseño, sino que los responsables de movilidad disponen de espacio y capacidad suficiente como para probar otras soluciones que se

adaptan a las necesidades de movilidad en escenarios futuros.

La primera ordenación posible es la denominada “macro-rotonda” en la que se coordinarían los semáforos para permitir el flujo continuo del tráfico en una misma dirección sobre las intersecciones. Este sistema de gestión del tráfico se conoce como “onda verde”.

Los problemas que presenta esta ordenación son los siguientes:

- No se segregan ni priorizan los movimientos principales de los secundarios, por lo que el flujo proveniente de los movimientos principales puede ocasionar colas que afecten a todo el tráfico.
- Las capacidades de acumulación son limitadas impidiendo que esta solución funcione correctamente.

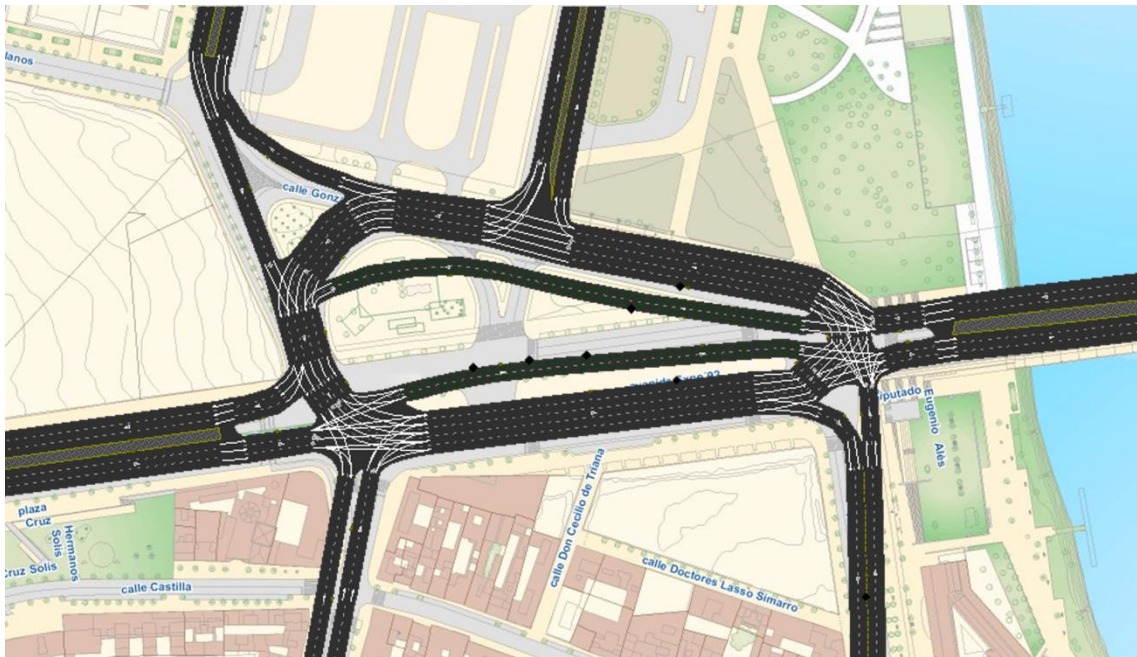


Figura 165: Ordenación alternativa de tipo macro-rotonda

La segunda ordenación se diferencia de la solución propuesta en este proyecto en que están permitidos los giros a la izquierda en las intersecciones. El principal problema que presenta es que al permitir los giros a la izquierda en movimientos secundarios se consume parte del tiempo de la fase semafórica ocasionando que los movimientos principales se vean penalizados.



Figura 166: Ordenación alternativa en la que se permiten los giros a la izquierda en las intersecciones

A.III.3 REGULACIÓN SEMAFÓRICA

Debido a las actuaciones sobre el viario ha sido necesario modificar la regulación semafórica en el área de estudio. La ubicación de las intersecciones reguladas por semáforos en el nuevo escenario se muestra en la siguiente figura:



Figura 167: Ubicación de las intersecciones en el nuevo escenario

La proximidad entre intersecciones ha obligado a que se adopte una misma duración de ciclo en ellas. Se conoce como ciclo al tiempo transcurrido desde el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de dicha situación después de realizarse una secuencia completa en los semáforos conectados a un mismo regulador. Se ha optado por utilizar la misma duración de ciclo que había en el escenario previo: 112

segundos.

Una vez elegida la duración del ciclo se han determinado las fases, que son cada una de las divisiones del ciclo durante la cual la configuración de colores de todos los grupos semafóricos que forman la intersección permanece invariable. Por tanto, se ha llevado a cabo la división del tiempo de ciclo entre cada una de las fases que integran la regulación, actuación que se conoce como reparto de ciclo.

La determinación de las fases, es decir de los movimientos que puedan darse simultáneamente, no puede sujetarse a reglas fijas, sino que depende, en general, de las características del tráfico y del trazado de la intersección. Los criterios que se han seguido en el estudio de las fases son:

- El número de fases debe ser lo menor posible. Con ello se reducen al mínimo los tiempos perdidos en cada ciclo.
- El número de movimientos simultáneos entre los que no haya conflicto entre sí debe ser máximo.
- El recorrido dentro de la intersección se procurará que sea lo más corto posible. Así se logran unos tiempos de despeje más cortos.

Los desfases se han ajustado de forma que se optimicen mediante ondas verdes los movimientos transversales en sentido Oeste-Este y Este-Oeste, dejando, por tanto, los movimientos secundarios supeditados a los principales.

Para controlar el funcionamiento de los semáforos instalados en un cruce o en dos o más muy próximos, se utiliza un aparato denominado regulador, que sirve para ordenar los cambios de luces a los semáforos instalados en una intersección. Las órdenes dadas por el regulador pueden estar grabadas en memoria o pueden ser recibidas desde una sala de control.

En la nueva regulación semafórica la gestión del tráfico se realiza mediante un regulador que gestiona 23 grupos semafóricos para la circulación de vehículos y 10 grupos semafóricos para los peatones.

A continuación se presentan las fases de todos los movimientos permitidos en cada intersección del nuevo escenario.

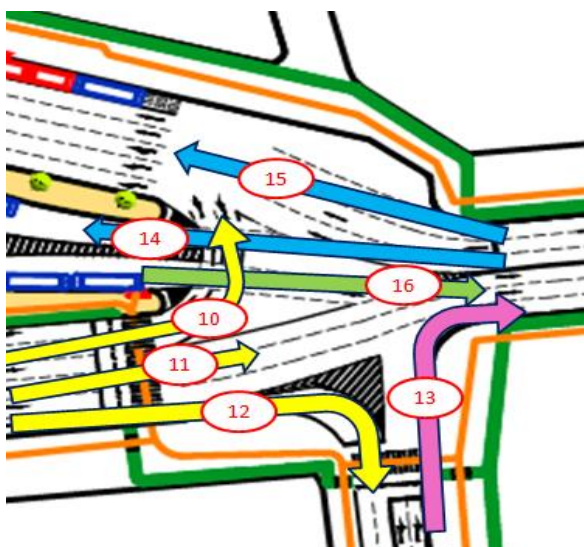


Leyenda									
Verde	Rojo	Ambar	Ambar intermitent						
			X	X	X	X	X	X	X

Figura 168: Movimientos regulados en la intersección 1

Tabla 51: Fases semaforicas en la intersección 1

[illegible]



Leyenda		
Verde	Rojo	Ambar

Figura 169: Movimientos regulados en la intersección 2

Tabla 52: Fases semaforicas en la intersección 2

[illegible]



Figura 170: Movimientos regulados en la intersección 3

Tabla 53: Fases semaforicas en la intersección 3

[illegible]

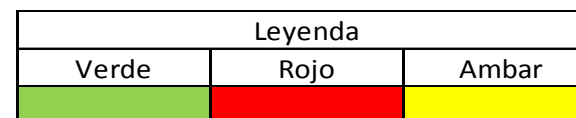


Figura 171: Movimientos regulados en la intersección 4

Tabla 54: Fases semaforicas en la intersección 4

[illegible]

A.III.4 SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL

Otra de las actuaciones relativas a la ordenación del tráfico en el área de estudio ha consistido en la modificación y adición de parte de la señalización horizontal y vertical de la zona. Para la señalización vertical se ha seguido la normativa “Instrucción de Carreteras. Norma 8.1 – IC” y para la señalización horizontal la normativa “Instrucción de Carreteras. Norma 8.2 – IC”.

A.III.4.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La primera modificación que se ha llevado a cabo fuera del área intermodal ha consistido en la eliminación del carril reservado para autobuses y taxis en el puente Cristo de la Expiración en sentido Oeste-Este. Esta actuación ha sido posible debido a que la salida de los autobuses del área intermodal (movimiento 16) está regulada por un semáforo cuya fase en verde sólo es simultánea con el movimiento que desde la calle Plaza Chapina gira a la derecha (movimiento 13). La fase verde del movimiento 16 comienza 32 segundos después de que comience la fase verde del movimiento 13 y la duración de ambos movimientos simultáneos es de 13 segundos.

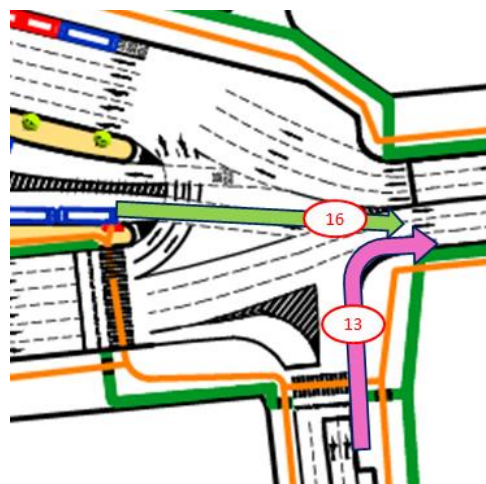


Figura 172: Movimientos simultáneos a la entrada del Puente Cristo de la Expiración

Otra modificación de gran importancia es la señalización mediante flechas en las vías para indicar las nuevas direcciones que se pueden tomar en cada tramo.

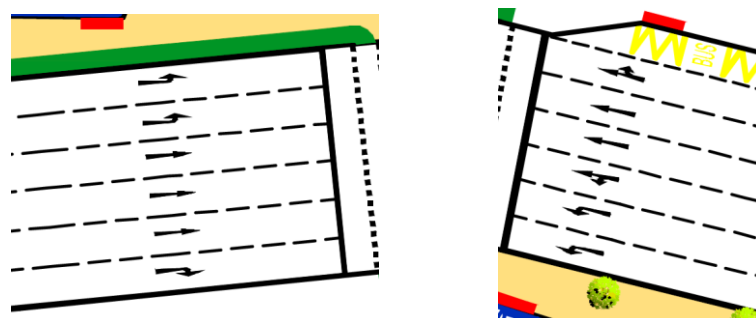


Figura 173: Señalización horizontal en el tramo recto de sentido Oeste-Este y Este-Oeste

En cuanto a las actuaciones correspondientes al área intermodal, ha sido necesario señalizar las entradas y salidas para evitar confusiones a los conductores. Para darle continuidad a los carriles de circulación se han sombreado las zonas que los vehículos no pueden invadir. Para guiar la circulación en las intersecciones se han señalizado con línea continua los carriles que toman la rotonda interrumpiéndose mediante líneas discontinuas por los carriles que los atraviesan. Además se ha señalizado el carril bus en las dos entradas al área intermodal.

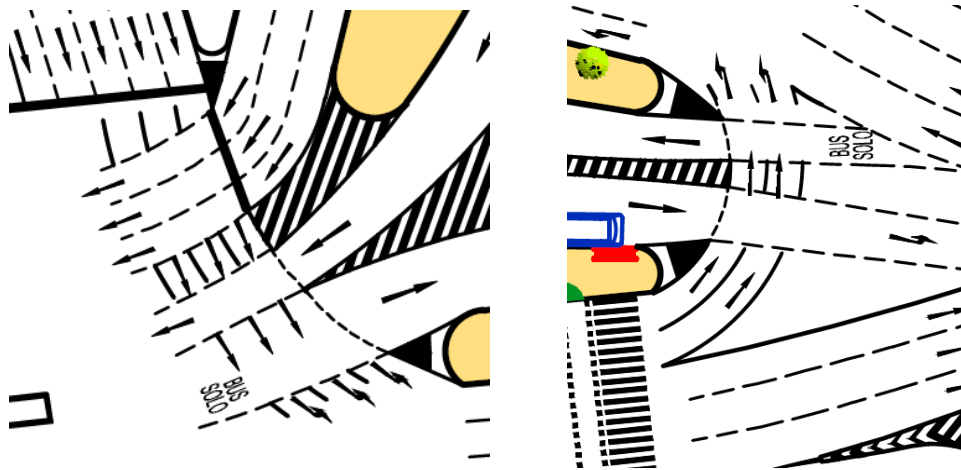


Figura 174: Señalización horizontal de los accesos al área intermodal

En el interior del área intermodal se han señalizado los dos sentidos de circulación y los pasos de peatones. Además se han señalizado los carriles bici que permiten el acceso a la pastilla central del intercambiador.

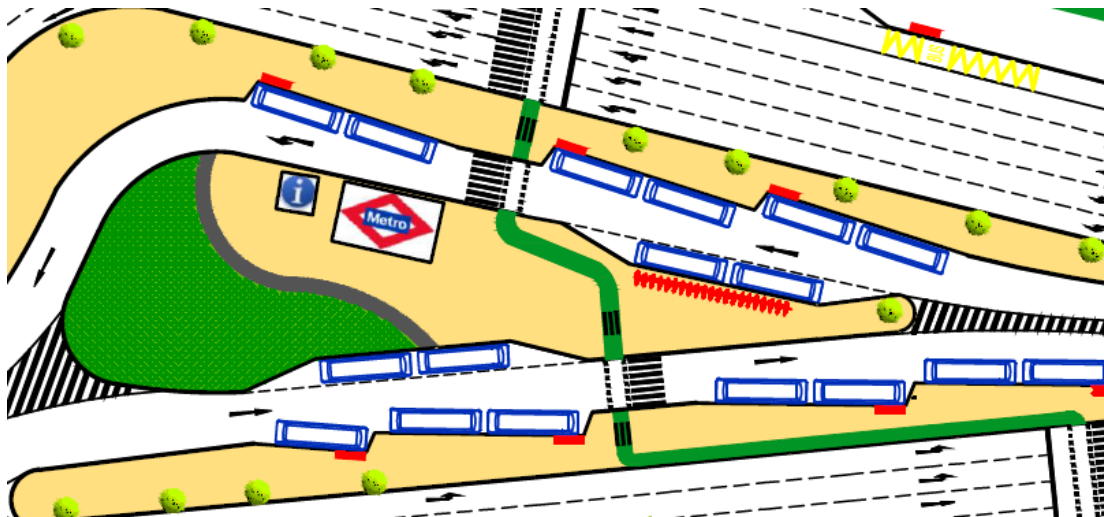


Figura 175: Señalización horizontal en el interior del área intermodal

A.III.4.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Las modificaciones que se han llevado a cabo se han centrado en señalar los posibles destinos a los que se puede acceder en cada tramo y los accesos al área intermodal.

Para la señalización de las direcciones que se pueden tomar en los tramos transversales Oeste-Este y Este-Oeste se han utilizado pórticos debido al elevado número de carriles en cada uno de ellos. Se han ubicado al principio de cada tramo para que los conductores cuenten con una distancia suficiente para colocarse en el carril deseado.

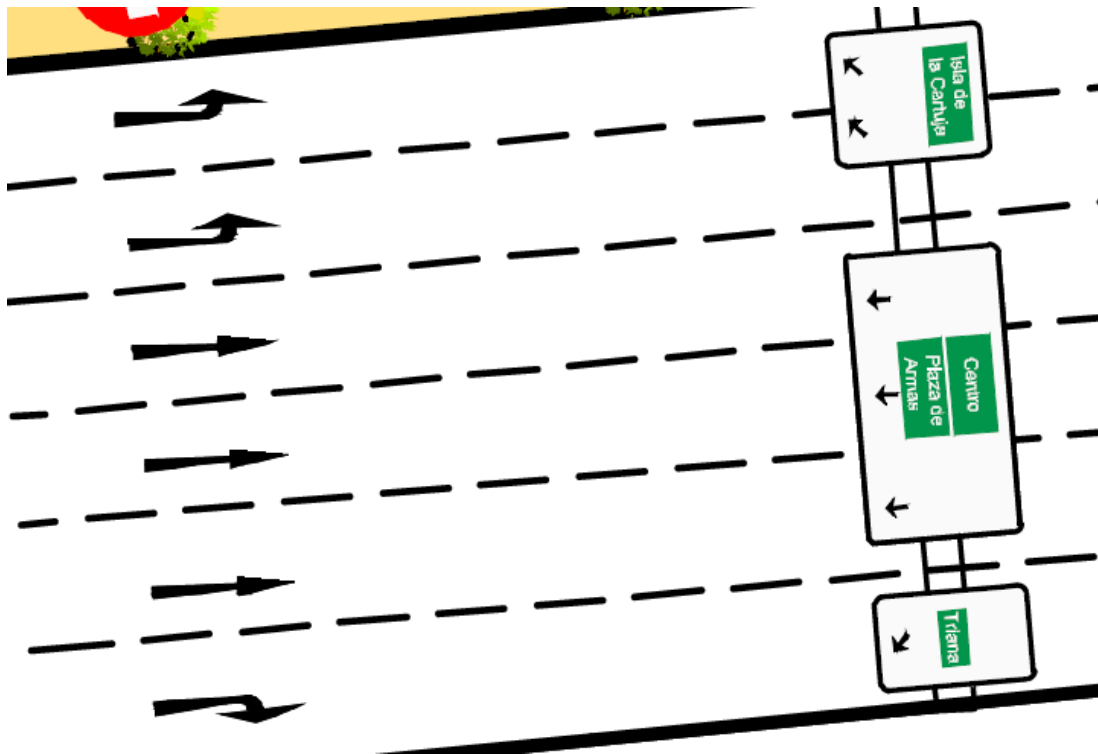


Figura 176: Señalización vertical en el tramo Oeste-Este

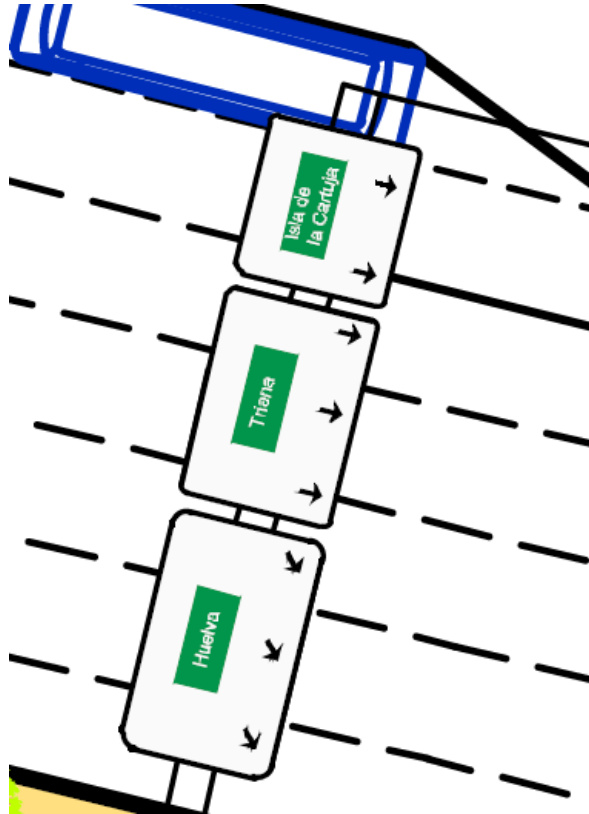


Figura 177: Señalización vertical en el tramo Este-Oeste

Por último, para señalar los accesos al área intermodal se han tomado como referencia las señales utilizadas en el área intermodal ubicado en la Plaza Alsacia, Madrid.

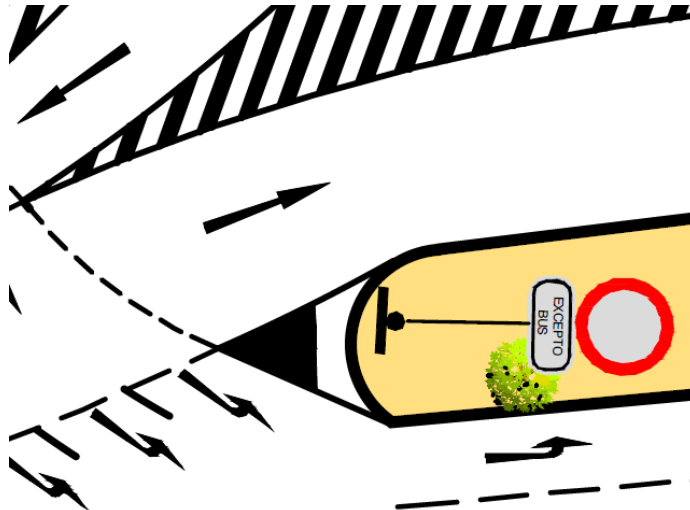
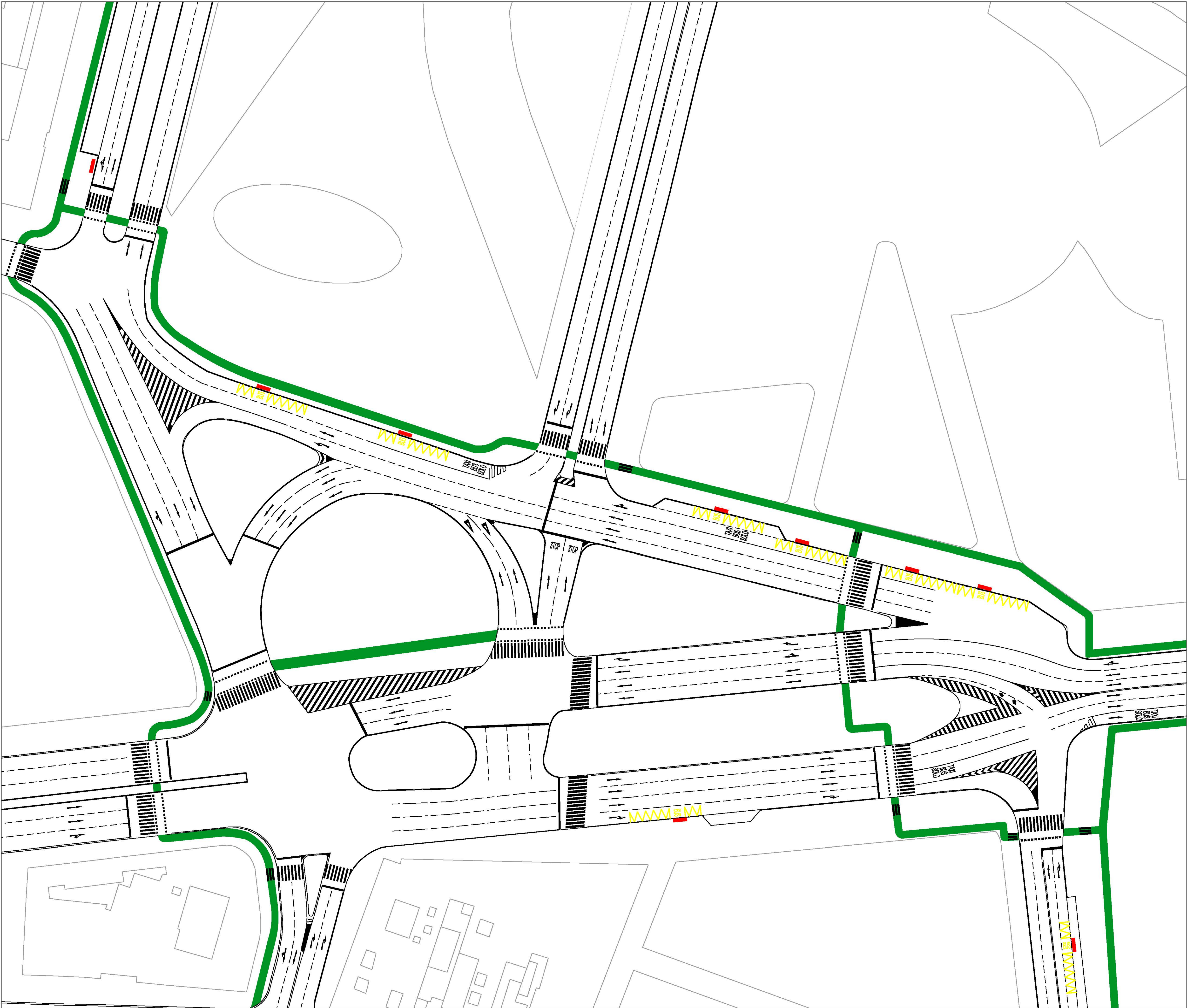


Figura 178: Señalización en los accesos al área intermodal

BIBLIOGRAFÍA

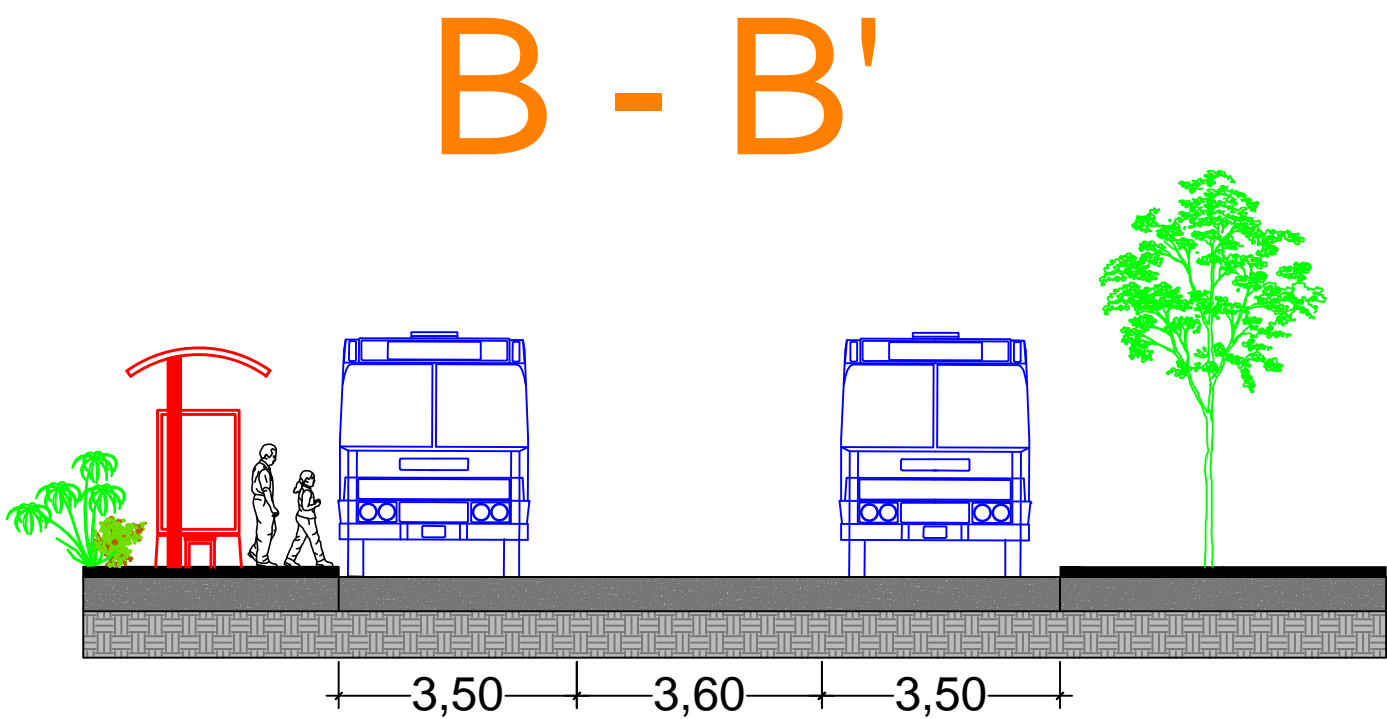
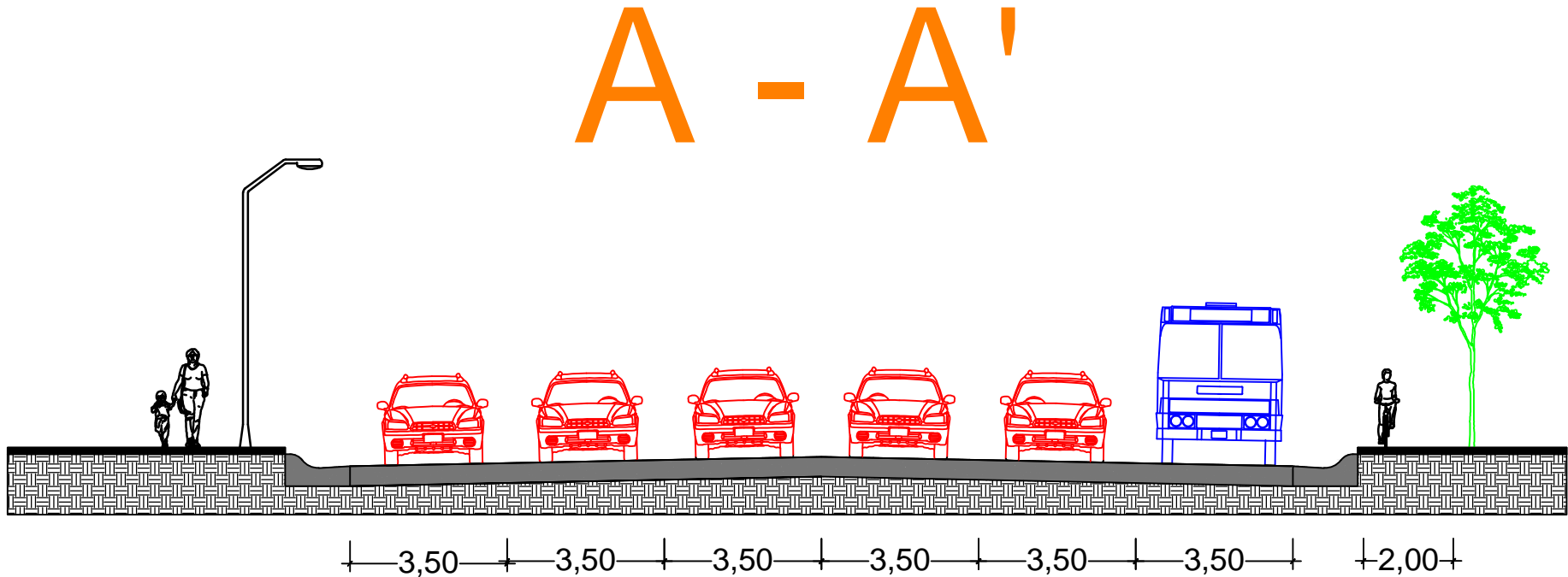
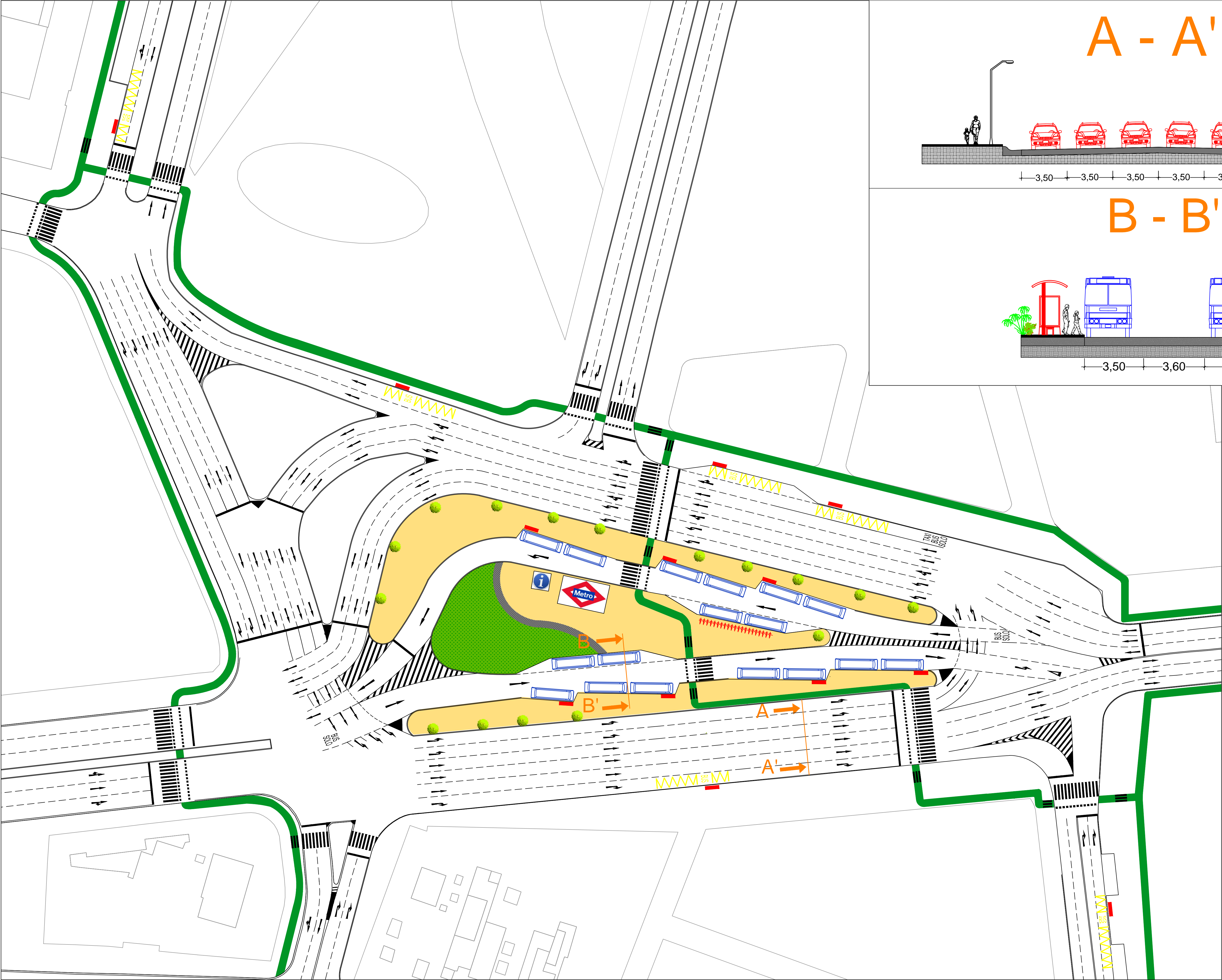
- Consejería de Medio Ambiente. (2011). *Estrategia Andaluza de sostenibilidad urbana*. Sevilla: Junta de Andalucía
- Ministerio de Fomento. (2009). *Estrategia Española de movilidad sostenible*. España
- Informe mundial sobre asentamientos humano. (2013). *Planificación y diseño de una movilidad urbana sostenible: orientaciones para políticas*.
- Consejería de Obras Públicas y Transportes. (2006). *Plan de Transporte Metropolitano del Área de Sevilla: Plan de Movilidad Sostenible*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Comisión Europea. (2011). *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*.
- Consorcio de Transporte Metropolitano del Área de Sevilla. (2013). *Memoria 2013*. Sevilla.
- TUSSAM. (2013). *Memoria Anual 2013*. Sevilla.
- Consorcio de Transportes de Madrid. (2007). *Plan de intercambiadores de Madrid*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid.
- Consorcio de Transportes de Madrid. (2008). *Estudio de Áreas Intermodales de superficie en Madrid para el transporte público colectivo*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid.
- del Castillo Granados, J. M. (2014). Apuntes de la asignatura "Terminales e Intercambiadores". Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Contorno S.A. (2014). *Estudio de movilidad asociado a la implantación y desarrollo del plan especial de reforma interior del ámbito denominado en el PGOU "ARI-DT-10" Puerto Triana*. Sevilla
- International Association of Public Transport. (2005). *Hacia un sistema Integrado de Información de Transportes*.
- TUSSAM. (2008). *Reglamento para la prestación del servicio*. Sevilla
- Instituto Mexicano del transporte. (1990). *Determinación del número de espacios en una terminal de pasajeros*. México
- Gerencia Municipal de Urbanismo. (2000). *Instrucción para el diseño de la vía pública*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid .

- Consejería de Obras Públicas y Vivienda. (2011). *Red de Metro de Sevilla*. Sevilla: Junta de Andalucía
- Olalla, Vicente.(s.f). *Diseño de estaciones de autobuses*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gerencia de urbanismo. (2007). *Plan Especial de reforma interior de la ARI-DT-10 Puerto Triana*. Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla
- Ministerio de Fomento. (2014) *Norma 8.1-IC. Señalización Vertical, de la Instrucción de Carreteras*.
- Ministerio de Fomento. (2014) *Norma 8.2-IC. Señalización Horizontal, de la Instrucción de Carreteras*.



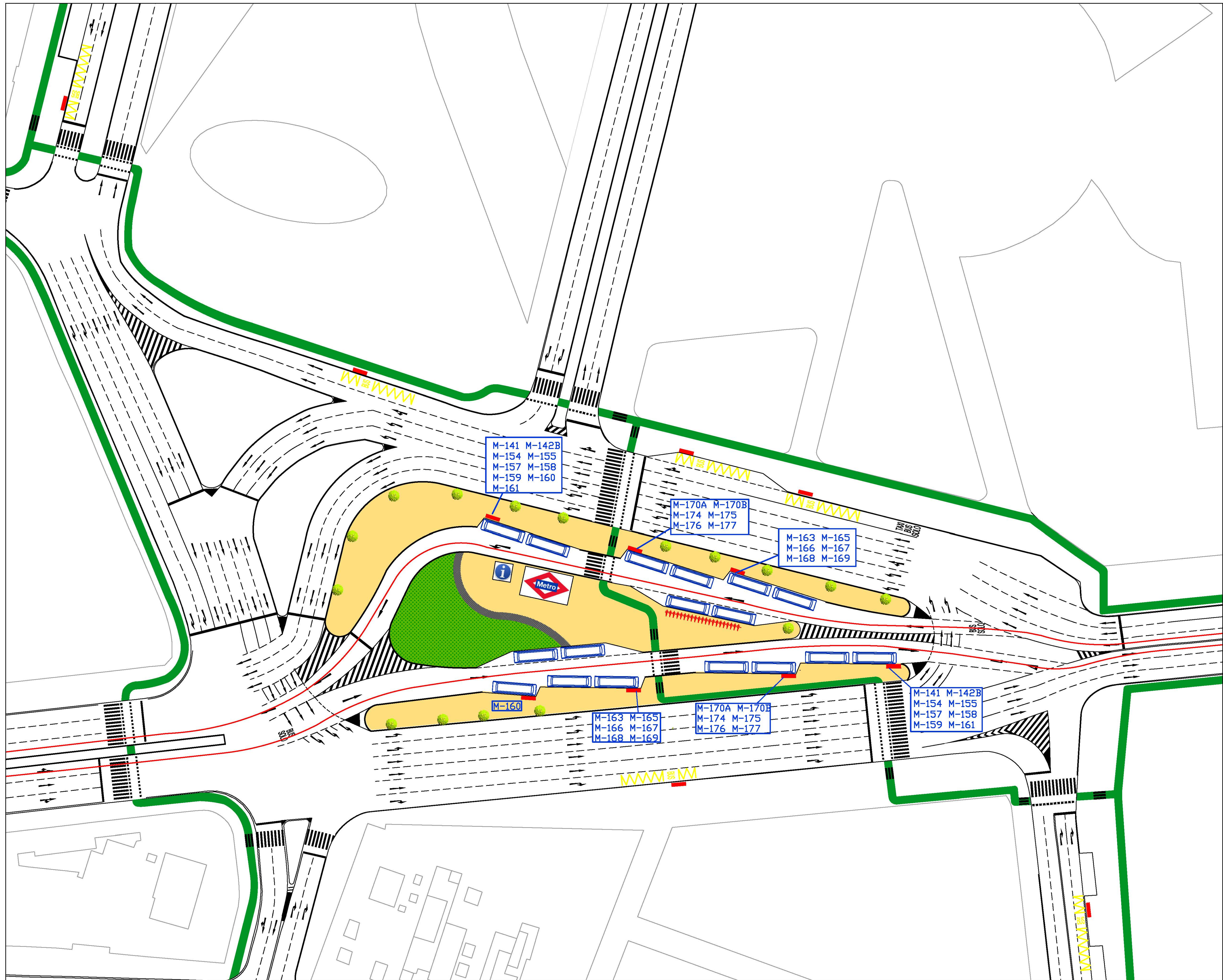
DISEÑO DE UN ÁREA INTERMODAL
EN EL ENTORNO DE LA TORRE PELLÍ

PLANO		NUMERO DE PLANO	
SITUACIÓN ACTUAL		1	
		ESCALA	
		1:500	
ORGANIZACIÓN		FECHA	
GRADO EN INGENIERÍA CIVIL - ETSI		FEBRERO 2016	
AUTOR			
Miriam Domínguez-Adame Aguilera			
TUTOR		Francisco José Cores Prieto	

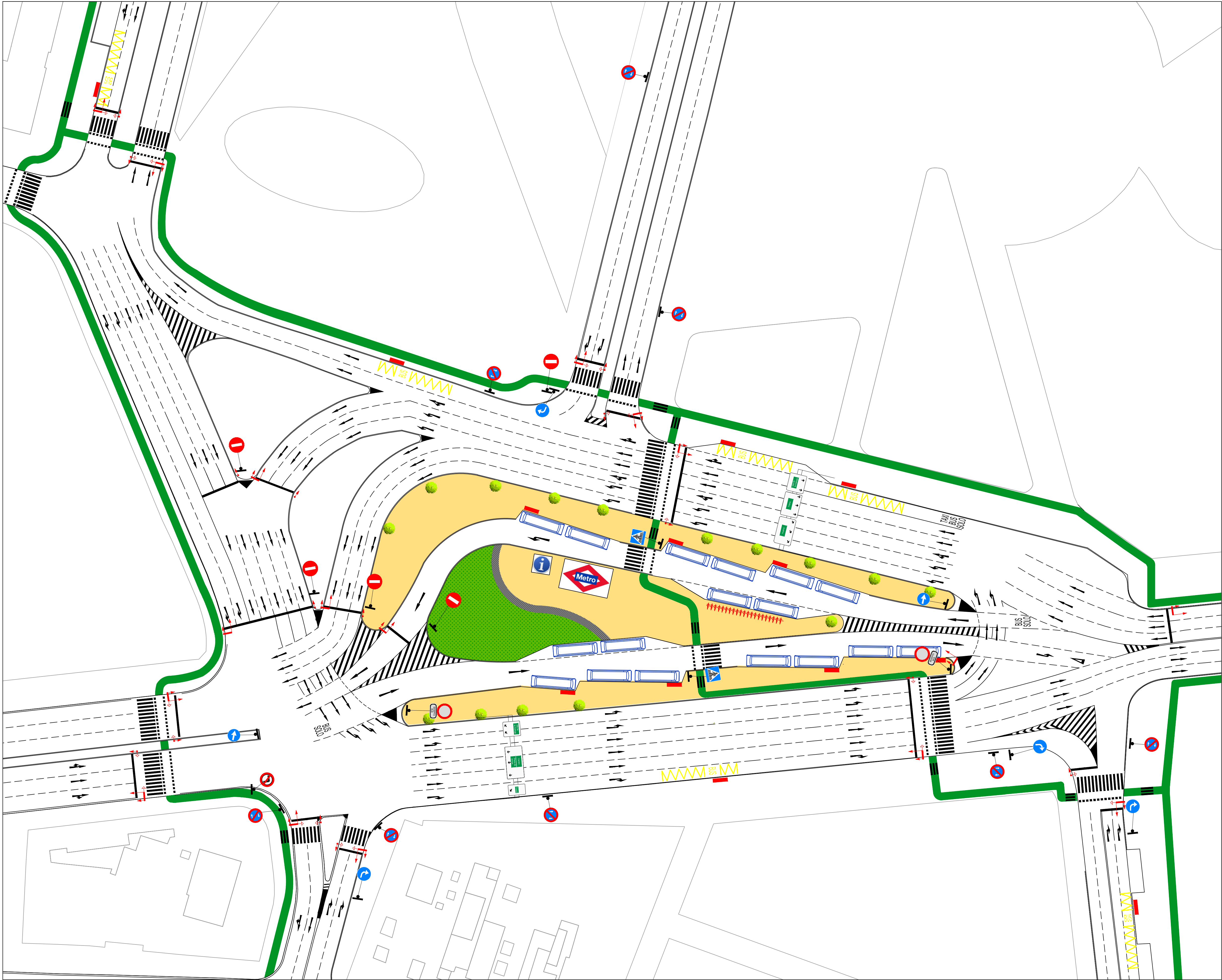


DISEÑO DE UN ÁREA INTERMODAL
EN EL ENTORNO DE LA TORRE PELLÍ

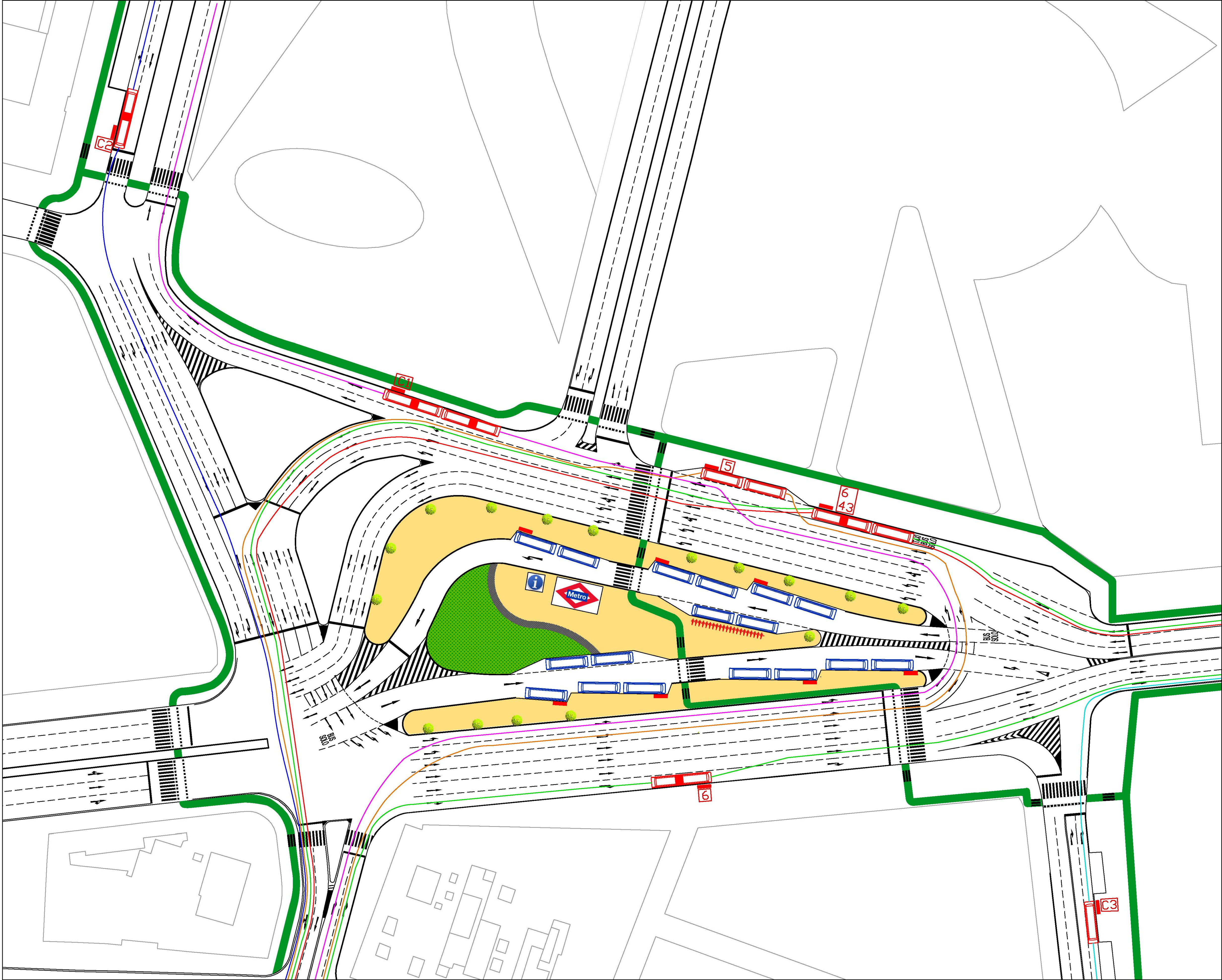
PLANO	ESCUENARIO ÁREA INTERMODAL	NÚMERO DE PLANO	2
ORGANIZACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA CIVIL - ETSI	ESCALA	1:500
AUTOR	Miriam Domínguez-Adame Aguilera	FECHA	FEBRERO 2016
TUTOR	Francisco José Cores Prieto		










DISEÑO DE UN ÁREA INTERMODAL EN EL ENTORNO DE LA TORRE PELLÍ			
PLANO	NÚMERO DE PLANO		
	3		
LÍNEAS INTERURBANAS			ESCALA
			1:500
ORGANIZACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA CIVIL - ETSI		
AUTOR	Miriam Domínguez-Adame Aguilera		
TUTOR	Francisco José Cores Prieto		
			FECHA FEBRERO 2016



DISEÑO DE UN ÁREA INTERMODAL EN EL ENTORNO DE LA TORRE PELLÍ			
PLANO	SEÑALIZACIÓN	NÚMERO DE PLANO	5
		ESCALA	1:500
ORGANIZACIÓN	GRADO EN INGENIERÍA CIVIL - ETSI	FECHA	FEBRERO 2016
AUTOR	Miriam Domínguez-Adame Aguilera		
TUTOR	Francisco José Cores Prieto		



LÍNEA 5	
LÍNEA 6	
LÍNEA 43	
LÍNEA C1	
LÍNEA C2	
LÍNEA C3	

DISEÑO DE UN ÁREA INTERMODAL EN EL ENTORNO DE LA TORRE PELLÍ	
PLANO	NÚMERO DE PLANO 4
LÍNEAS URBANAS	ESCALA 1:500
ORGANIZACIÓN GRADO EN INGENIERÍA CIVIL - ETSI	FECHA FEBRERO 2016
AUTOR Miriam Domínguez-Adame Aguilera	
TUTOR Francisco José Cores Prieto	